Aus der prothetischen Abteilung (Leiter: Prof. Dr. H. KIRSTEN)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-,Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. E. HARNDT

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE LINEAREN VERÄNDERUNGEN VON BRÜCKEN, DIE IM EINSTÜCKGUSS-VERFAHREN HERGESTELLT WERDEN.

INAUGURAL - DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Wilfried Klose
aus Berlin

Aus der prothetischen Abteilung (Leiter: Prof. Dr. H. KIRSTEN)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-,Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. E. HARNDT

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE LINEAREN VERÄNDERUNGEN VON BRÜCKEN, DIE IM EINSTÜCKGUSS-VERFAHREN HERGESTELLT WERDEN.

INAUGURAL - DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN

vorgelegt von
Wilfried Klose
aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Wilhelm M a s s h o f f

Referent: Professor Dr. med. dent. Hermann K i r s t e n

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Dr. Gerhard F r e n k e l

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 13. 4. 1966

Meinen lieben Eltern

Inhaltsangabe

Seite

I. Einleitung und Problemstellung 1

II. Theoretische Vorbetrachtungen (Literaturübersicht) 4

A. Präparation der Pfeilerzähne 4
B. Abdruckverfahren und Modellherstellung 5
C. Modellierwachs 7
D. Einbettmassen und Einbettmethoden 10
E. Gold und Gußvorgang 13
F. Genauigkeit des Verfahrens 16

III. Experimenteller Teil 18

A. Versuchsanordnung 18

a. Modellbeschreibung 18
b. Durchführung der Versuche 24
Konstante Versuchsbedingungen 24
Veränderliche Versuchsbedingungen 26
Durchgeführte Versuchsreihen 30

B. Vermessen 31

C. Auswerten der Ergebnisse, Tabellen 34

IV. Diskussion 43

A. Positiver oder negativer Gußfehler 43
B. Vorteile des Modellgußverfahrens 45
C. Klinische Paßgenauigkeit 45
D. Durchführung klinischer Arbeiten 49

V. Zusammenfassung 53

Literaturverzeichnis 55

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546527_0074

I. Einleitung und Problemstellung

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich viele Autoren in ihren Arbeiten mit der Herstellung von partiellem festsitzendem Zahnersatz aus Gold (Kronen, Brücken und Inlays) und den dabei auftretenden Schwierigkeiten befaßt. Nachdem das Gold in der zahnärztlichen Prothetik zunächst kalt verformt wurde durch Ziehen, Walzen und Biegen, nahm erstmals SARRAN im Jahre 1884 einen Wachsabdruck von der Kavität eines Zahnes und bettete ihn in eine offene Tonform ein. Eine Seite des Inlays war also unbedeckt. Die nach dem Entfernen des Wachses entstandene Form wurde mit Gold ausgeschwemmt, das mit einem Holzstöpsel in die Form gepreßt wurde (33). Kurz nach der Jahrhundertwende begann dann die Entwicklung des modernen zahnärztlichen Gußverfahrens. Seine Begründung erfolgte durch die Einführung der Lost-Wax-Methode und des Gießens von Metall in die dadurch gewonnene Hohlform 1904 durch OLLENDORF (Breslau), 1907 durch TAGGART (Chicago) und durch SOLBRIG. OLLENDORF füllte das flüssige Gußmaterial durch dessen Eigenschwere in die Hohlform, TAGGART benutzte dazu Luftdruck und SOLBRIG verwendete Dampfdruck.

Die große Begeisterung, die diesen ersten Verfahren zunächst entgegengebracht wurde, ebbte jedoch ab, als man feststellen mußte, daß die Gußstücke fast immer zu klein ausfielen. Außerdem war das Material oft von Lunkern (von kleinen Hohlräumen) durchsetzt, die die Festigkeit des Metalls mindern. Nachdem ermittelt werden konnte, daß diese Fehler durch das Schrumpfen des Goldes beim Abkühlungsvorgang hervorgerufen werden, fehlte es nicht an Versuchen, diese auf verschiedenen Wegen zu vermeiden. Es wurden spezielle Gußküvetten angegeben, verschiedene Einbettmassen und Einbettmethoden entwickelt und zum Teil recht komplizierte Gußapparate konstruiert in dem Bestreben, die Metallkontraktion auszugleichen und passende Gußstücke zu erzielen. Um 1930 wurde es durch das An-

legen eines Schmelzreservoirs ("Verlorener Kopf") möglich, die Lunkerbildung zu verhindern.
Nach den heute allgemein anerkannten Regeln ist es nun dem Zahnarzt durchaus möglich, durch Ausnutzen der Abbindeexpansion und der thermischen Expansion der Einbettmassen klinisch brauchbare Gußstücke herzustellen. Die Anfertigung von Einzelkronen und Inlays gehört zu den geläufigen technischen Arbeiten. Auch die Versorgung von Lückengebissen durch festsitzenden Zahnersatz wird seit Jahrzehnten durchgeführt. Dabei auftretende Schwierigkeiten konnten bis jetzt nicht ganz beseitigt werden.
Für den behandelnden Zahnarzt sind zunächst bei der Anfertigung einer Brücke die Arbeitsgänge wichtig, die er am Patienten durchführen muß: Präparieren der Pfeilerzähne, Konturieren der Kronenringe, Abdrucknahme, Einprobe der Brückenanker und der Zwischenglieder, Lötabdruck, Einprobe und Eingliederung der fertigen Brückenarbeit. Nach einem vorliegenden Arbeitsmodell konnte also der Zahnersatz nicht in einem Stück hergestellt werden. Durch die Anzahl der Sitzungen und die dabei erforderlichen Maßnahmen ergibt sich der nicht unwesentliche Zeit- und Arbeitsaufwand, der von Behandler und Patient gefordert wird.
Bei den genannten Maßnahmen am Patienten und bei den Arbeitsgängen, die im Laboratorium durchgeführt werden, können sich Fehler einschleichen, die die Paßgenauigkeit der fertigen Arbeit negativ beeinflussen.
Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Herstellung von Brückenersatz im Frontzahnbereich ist auch die Wiederherstellung der Ästhetik, für die hohe Anforderungen an die heute zur Verfügung stehenden Werkstoffe gestellt werden. Durch die Vervollkommnung der Kunststoff-Verblendtechnik und in jüngster Zeit durch die Einführung der Aufbrenntechnik, bei der die keramischen Massen direkt einer Speziallegierung aufgebrannt werden können, lassen sich jedoch auch diese Brückenarbeiten ästhetisch zufriedenstellend gestalten.

Es ist verständlich, daß immer wieder der Wunsch vorhanden war, Verfahren zu entwickeln, die eine Anfertigung von Brücken präziser und leichter machen sollten. Ein solches Verfahren ist mit dem Einstückguß gegeben. Es muß darauf hingewiesen werden, daß hierbei die Präparation der Pfeilerzähne keineswegs vereinfacht werden kann, sondern daß sie im Gegenteil äußerst genau und sorgfältig zu erfolgen hat. Für Zahnarzt und Patient bringt die Methode des Einstückgusses aber den wichtigen Vorteil mit sich, daß die Anzahl der nötigen Sitzungen und der Zeitaufwand verringert werden können. In der auf die Abdrucknahme folgenden Sitzung kann bereits die fertige Brücke eingesetzt werden. Es sei hier betont, daß das Gießen einer Brücke in einem Stück erst durch die Einführung der neuartigen elastischen Abformmassen möglich geworden ist, die nach dem sogenannten Doppelabdruck-Verfahren eine sehr präzise und formgetreue Gesamtabformung (ohne Einzelabdrücke der Brückenpfeiler) zulassen, nach der sich Brücken im Einstückgußverfahren herstellen lassen.
In der vorliegenden Arbeit soll nun untersucht werden, ob die nach diesem Verfahren angefertigten Brücken eine ausreichende klinische Passgenauigkeit besitzen.

II. Theoretische Vorbetrachtungen (Literaturübersicht)

Die theoretischen Vorbetrachtungen beziehen sich auf:

A. Präparation der Pfeilerzähne
B. Abdruckverfahren und Modellherstellung
C. Modellierwachs
D. Einbettmassen und Einbettmethoden
E. Gold und Gußvorgang
F. Genauigkeit des Verfahrens

Zu A. Präparation der Pfeilerzähne

Die Präparation der Zähne für die Aufnahme von gegossenen Kronen hat anderen Gesichtspunkten zu folgen als die für Bandhülsen-Kronen. Es ist vor allen Dingen darauf zu achten, daß die Präparationsgrenze auf dem Abdruck deutlich erkennbar wird, das bedeutet, daß eine cervicale Kante oder eine kleine Stufe präpariert werden muß. Für eine Bandhülsen-Krone beschleift man den Zahnstumpf zylindrisch bis schwach konisch mit fließendem Übergang. Demgegenüber muß für eine Gußkrone eine deutlich konische Gestaltung des Stumpfes gefordert werden. Die Angaben für den entsprechenden Präparationswinkel sind nicht einheitlich, sie schwanken zwischen 5° (17) und 15°-20° (10). Jedoch gelten folgende Gesetzmäßigkeiten: Je kleiner der Konvergenzwinkel ist, desto größer muß die zu fordernde Genauigkeit des gesamten Gußverfahrens sein. Andererseits kann bei größerem Präparationswinkel die Genauigkeit geringer sein. Mit anderen Worten wird die Paßgenauigkeit um so größer, je konischer der Pfeilerzahn gestaltet wurde, wie ZÄHRINGER (51) in seiner Arbeit zeigen konnte. Es scheint eine Konvergenz von 20° durchaus angezeigt. Bei einem derart konisch gestalteten Zahnstumpf ist die Retention der gegossenen Krone noch sehr gut. Die Oberfläche des präparierten Zahnstumpfes sollte möglichst glatt gestaltet werden, um die Rauhtiefe, das ist der Unterschied zwischen den Vertie-

fungen und Erhebungen einer Oberfläche, möglichst klein zu halten. Dadurch wird die Abdrucknahme erleichtert und die Paßgenauigkeit erhöht (25).

Zu B. Abdruckverfahren und Modellherstellung

Der nächste wichtige Arbeitsgang nach dem Präparieren ist das Abformen zur Gewinnung von Arbeitsmodellen. Dazu war bislang das Abdrucknehmen nach der Kupferring-Kerr-Methode das Mittel der Wahl. Man erhält zwar konturenscharfe genaue Abdrücke, jedoch haften diesem Verfahren auch Nachteile an: Der cervicale Abschluß des Ringes kann schwer kontrollierbar sein, so daß die Möglichkeit einer Verletzung des Ligamentum circulare gegeben ist (34). Die Kupferring-Kerr-Abdrücke werden wieder auf die Zahnstümpfe gesetzt, darüber wird ein Abdruck mit Gips genommen, um die für die Brückengestaltung wichtige Umgebung der Pfeilerzähne abzuformen. Die beim Abbinden des Gipses freiwerdende Wärme kann zu Verziehungen der Kerrmasse führen. SPENGLER (45) weist auf den negativen Einfluß der Abbindeexpansion (= Kristallisationsexpansion) hin, die der Abdruckgips erfährt. Außerdem gehen beim Entfernen des Abdruckes aus dem Munde meist die dünnen interdentalen Partien verloren, so daß dann auf dem Modell die approximalen Flächen der Nachbarzähne fehlen oder nur unvollständig dargestellt sind.

Diese Kupferring-Kerr-Gips-Abdruckmethode wurde dahingehend modifiziert, daß an Stelle des Gipses ein elastisches Abformmaterial verwendet wird. Dabei kann nach zwei Arten verfahren werden:

1.) Die Ringabdrücke werden wieder auf die Pfeiler gesetzt und darüber wird ein Abdruck mit einem elastischen Material genommen. Nach dem Entfernen aus dem Munde müssen die Kupferringe genau in diesem Abdruck fixiert werden. Dabei ist mit zwei Fehlerquellen zu rechnen: Die Nachgiebigkeit des elastischen Materials erschwert ein

exaktes Fixieren. Zum anderen können die scharfen Ränder des Kupferringes das Abdruckmaterial zerschneiden, wodurch der genaue Sitz nicht mehr gewährleistet ist.

2.) Die Abformung mit dem elastischen Material wird ohne die wieder aufgesetzten Kupferringabdrücke vorgenommen. Im Labor werden dann zunächst durch Ausstopfen der Ringabdrücke Einzelmodelle von den Pfeilerzähnen gewonnen. Diese müssen im Abdruck fixiert werden. Das gelingt aber nur einwandfrei bei sehr langen klinischen Kronen. Wenn kurze Zähne vorhanden sind, müssen auf den Modellstümpfen erst sogenannte Transfer-Käppchen aus Kunststoff angefertigt werden. Diese werden im Munde des Patienten auf die Pfeilerzähne gesetzt. Darüber wird der elastische Abdruck genommen. Mit Hilfe der Transfer-Kappen lassen sich dann die Modellstümpfe im Abdruck genau fixieren. Bei diesem Vorgehen ist aber eine zusätzliche Sitzung erforderlich.

SPENGLER (45) gibt bei Einstückguß-Inlaybrücken die Abformung mit "Hydro-elasto-plastischer Abdruckmasse" (Kombination von Stents und Alginat) an. Von RUBIN und SABELLA (41) wird für die Einstückgußbrücke der Hydrocolloid-Abdruck mit zwei Schichten von 60° und 45° C empfohlen.

Diese beschriebenen Abdruckmethoden sind jedoch durch die neuen elastischen Abformmaterialien abgelöst worden, die immer mit genau passenden individuellen Löffeln aus Kunststoff in Anwendung kommen (Doppelabdruck-Verfahren). Vor dem Abformen wird der Sulcus gingivalis der Pfeilerzähne durch Einlegen von imprägnierten Baumwollfäden geöffnet. Diese Retraktionsfäden sind getränkt mit einem anämisierenden Mittel (z.B. Nor-Adrenalin) oder einem adstringierenden Mittel (z.B. Zink-Chlorid). Es wird eine reversible Retraktion des Zahnfleisches erreicht. Nach dem Entfernen der Fäden stellt sich der Gingivalsulcus dar und kann abgeformt werden. Von den neuen Abformmaterialien werden jeweils zwei Massen geliefert: Eine dünnfließende, die meist mit einer Spritze appliziert wird zur Abformung des Gingivalsulcus und der Approximal-

räume, bei Inlays für die Tiefe der Kavitäten,und eine festere Masse für alle übrigen abzuformenden Gebiete. Es wird dabei so vorgegangen, daß beide Komponenten gleichzeitig angemischt werden. Dann wird die dünnfließende nach der Spritztechnik aufgetragen und der mit der festeren Paste beschickte individuelle Löffel darüber aufgesetzt. Beide Anteile des Materials binden zusammen ab. Bei anderen Fabrikaten wird zuerst ein Abdruck mit der festen Masse genommen. Nach dem Erstarren wird er aus dem Munde entfernt und getrocknet. Dann wird der Abdruck mit einer sehr leicht fließenden Paste beschickt und wieder in situ gebracht. Durch den Druck, der dabei mit der festen Abdruckmasse ausgeübt werden kann, wird das dünne Material in die cervicalen Gebiete gepreßt.

Im Laboratorium werden die Abdrücke zweizeitig mit einem guten Hartgips ausgegossen. Man gewinnt das sogenannte Meistermodell, dessen herausnehmbare Stümpfe einen exakten Sitz im Modell aufweisen.

Nach der Präparation und der Abdrucknahme darf auf die temporäre Versorgung der beschliffenen Zähne mit Schutzkappen nicht verzichtet werden, um die thermischen und chemischen Insulte zu vermeiden, die bekanntlich bis zu Entzündungszuständen der Pulpa führen können. Noch besser ist es, eine provisorische Brücke aus selbsthärtendem Kunststoff anzufertigen. Sie dient außerdem dazu, die Stellung der Pfeilerzähne zu fixieren und erhält so die im Abdruck festgehaltene Situation bis zur Eingliederung der fertigen Brückenarbeit.

Zu C. Modellierwachs

Auch heute noch ist das Modellierwachs aus der zahnärztlichen Technik nicht wegzudenken. Es konnte nicht durch neuere Materialien ersetzt werden, obwohl es besonders insofern Mängel aufweist, als es ein sehr unbeständiger Werkstoff ist (2, 3). Seine thermische Expansion und Kontraktion verlaufen unregelmäßig. Das Ausmaß der Kon-

traktion wird von verschiedenen Autoren mit unterschiedlichen Werten angegeben: DREYER-JÖRGENSEN (10) gibt die Kontraktion des Wachses bei einer Abkühlung von 37° C auf 20° C mit 0,5%lin bis 0,6%lin an, nach NELKE (35) sind es 1,2%lin, nach COY (8) 0,8%lin und nach OETTINGER (38) 0,5%lin. BEECK (3) führt diese unterschiedlichen Angaben auf die verschiedene Zusammensetzung der Wachse zurück und nennt einen Durchschnittswert von 0,8%lin bis 1,0%lin, mit dem gerechnet werden müsse. Außerdem wohnt dem Wachs eine weitere Eigenschaft inne, die die Fehlergröße des gesamten Gußvorganges negativ beeinflussen kann: Durch die Erwärmung und Verarbeitung entstehen im Wachs innere Spannungen. Diese gleichen sich nur zu einem geringen Teil durch die Elastizität wieder aus. Nach dem Erstarren verbleibt die sogenannte latente Elastizität (22), die bei nachträglichem Erwärmen in dem Bestreben, die ursprüngliche Form wieder einzunehmen, zu Verziehungen des Wachsobjektes führen kann. Trotzdem will COY (8) die Schrumpfung des Wachsmodells ausgleichen, indem er es in ein Wasserbad von 40° C taucht, bis die Abbindung der Einbettmasse abgeschlossen ist: "Zweifellos verzieht sich das Wachsmodell bei der Wasserbad-Technik ein wenig. Aber trotzdem ist dies die genaueste aller Kompensationsmethoden."

Um die Veränderungen des Wachsmusters möglichst gering zu halten, empfiehlt HARNDT (22) bei der direkten Methode der Inlayherstellung, das Wachs in der Kavität mit einem heißen Instrument noch einmal zu schmelzen. SOLBRIG (44) entspannt das Wachs in der Kavität durch Anspritzen mit heißem Wasser. Auch MAVES (31) bestätigt, daß flüssig verarbeitetes Wachs, das ohne Druck erstarren konnte, bei einer Erwärmung geringere Verziehungen aufweist als plastisch verarbeitetes Modellierwachs. Er fotografierte mehrmals Wachsinlays, die in einem Wasserbad hingen, während die Temperatur des sie umgebenden Wassers von Zimmertemperatur an aufwärts erhöht wurde. Die auf-

einanderprojizierten Vergrößerungen zeigten deutlich die Formabweichungen bei steigender Temperatur. Demgegenüber stehen die Angaben von NELKE (35), DREYER-JÖRGENSEN (10), FUSAJAMA (17), BUCK (6) und ZÄHRINGER (51), die in ihren Arbeiten die plastische Verarbeitung des Wachses fordern. Fusajama projizierte Fotografien von Wachsinlays auf einen Wandschirm und fand auf diesen Vergrößerungen die genauesten Resultate bei der Preßtechnik. Auch die DEGUSSA (46) gibt die plastische Verarbeitung von dünnem Plattenwachs an, dem nur zur Ergänzung flüssiges Wachs nachgetragen werden solle.

Nach dem Modellieren soll das Wachs dann in einem Wasserbad von 30° - 35° C 10 Minuten lang entspannt werden. Die Einbettung hat möglichst schnell zu erfolgen. Wo dies nicht durchführbar ist, sollte die Aufbewahrung bei niedrigen Temperaturen geschehen (4), da bei diesen der Ausgleich der inneren Spannungen gering ist.

Zusammenfassend können nach DREYER-JÖRGENSEN folgende Verarbeitungshinweise gegeben werden, die sich als zweckmäßig erwiesen haben:

1. Das Wachs sollte bei einer Temperatur verformt werden, die nur einige Grade über seinem Erweichungspunkt liegt.
2. Das Wachs sollte so schnell wie möglich nach seiner Verarbeitung abgekühlt werden.
3. Wachsinlays sollten nicht längere Zeit aufbewahrt werden, insbesondere nicht bei erhöhten Temperaturen.
4. Sie sollten sogleich nach dem Abkühlen und Entfernen aus der Kavität eingebettet werden.

Als ein weiterer sehr wichtiger Punkt soll hinzugefügt werden:

5. Auf keinen Fall im warmen Wasserbad expandieren, da es durch das Freiwerden von Spannungen zu Verzerrungen kommt.

Diese für die direkte Inlaytechnik gedachten Hinweise gelten sinngemäß auch für die indirekte Herstellung von Gußobjekten.

Zu D. Einbettmassen und Einbettmethoden

Die in der zahnärztlichen Goldgußtechnik verwendeten Einbettungsmassen sind feuerfeste Massen, in die das Wachsmuster eingebettet wird. Nach dem Abbinden wird das Wachs durch Erwärmung ausgetrieben und so eine Hohlform gewonnen, in die nach Vorwärmung eine Metall-Legierung gegossen wird.

Nach HEHRING (13) unterscheidet man folgende Arten von Einbettmassen:

1. Keramische Einbettmassen
2. Löteinbettmassen
3. Gußeinbettmassen
   a. für Edelmetall-Legierungen
   b. für Chrom-Kobalt-Legierungen

Die Einbettmassen für Edelmetall-Legierungen bestehen im wesentlichen aus den SiO_2-Mineralien Quarz bzw. Cristobalit als den feuerfesten Bestandteilen und Gips als Bindemittel. Dazu kommen bis zu einem Gesamtanteil von 2% Farbzusätze, Expansionssteigerer (NaCl, KCl), Verzögerer (Borsäure) oder Beschleuniger (Na_2SO_4). Nach dem Anmischen mit Wasser expandiert der Gipsanteil (Abbindeexpansion), während sich die Siliziumanteile indifferent verhalten. Es wird mit einem Wert von 0,0 bis 0,3%lin für die Abbindeexpansion der verschiedenen Einbettmassen gerechnet (27). HEHRING gibt 0,1 bis 0,9%lin an. Wegen der Gefahr einer Deformation von Teilen der Wachsform wird eine möglichst geringe Abbindedehnung gefordert (17,29).

Bei der Erhitzung der Einbettungsmasse tritt nun eine Kontraktion des Gipses ein, die durch die thermische Expansion des Quarzes oder des Cristobalits jedoch ausge-

glichen werden kann. Diese Dilatation wird mit höherem Quarzanteil größer, durch Verwendung von Cristobalit kann sie beträchtlich gesteigert werden.

Das Vorwärmen der Muffel sollte aber nicht unterbrochen werden, da sich die Erwärmungs- und die Abkühlungskurve der Einbettmassen nicht völlig gleichen. Durch nochmaliges Erhitzen können Spannungsrisse in der Gußform verursacht werden (13).

Als günstigste Einbettungsmethode erweist sich die Vakuumeinbettung (2,3,4,24,43). Durch das Entlüften erfährt die Einbettmasse eine Verdichtung, die zu einer Erhöhung der thermischen Expansion führt. Selbst kleinste Bläschen vergrößern sich im Vakuum so stark, daß sie bei zusätzlichem Rütteln leicht nach oben steigen. Dadurch wird die Oberfläche der Güsse mikroskopisch und makroskopisch wesentlich verbessert (20).

Auch die zweizeitige Einbettungsmethode (Kern- und Muffeleinbettung) ergibt gute Resultate, jedoch ist sie abhängiger von der manuellen Geschicklichkeit und der Sorgfalt des Einzelnen. So zeigt auch die Vakuumeinbettung hinsichtlich der nach dem Guß vorhandenen linearen Veränderungen des Gußobjektes die geringste Schwankungsbreite (3,20,24,29).

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß die Angaben der Hersteller für das Mischungsverhältnis von Wasser zu Pulver unbedingt einzuhalten sind, da mit steigendem Wassergehalt die thermische Expansion der Einbettungsmasse verringert wird (19,24).

Nach SCHEU (42) wird bei der hygroskopischen Einbettungsmethode das Wachsmodell mit dem Einbettmassekern sogleich in ein warmes Wasserbad eingetaucht. Dadurch soll die sogenannte hygroskopische Expansion der Einbettmasse bewirkt werden. Sie ist die Folge veränderter Kapillarverhältnisse während des Kristallisations- und Abbindevor-

ganges von Gipsprodukten. Diese Expansion wird nicht nur durch einen Wasser-, sondern auch einen anderen Flüssigkeitsüberschuß während des Abbindens hervorgerufen (14). Die inzwischen erwiesenen Nachteile dieser Einbettmethode haben jedoch zur allgemeinen Abkehr von der Wasserbadeinbettung und deren Modifizierungen geführt. So geht die erreichte Expansion bei der Ernitzung der Muffel wenigstens teilweise wieder verloren (24). Durch die Erwärmung im Wasserbad besteht die Gefahr einer Verzerrung des Wachsobjektes (17,31). BEECK (2) führt die Wirkung der hygroskopischen Expansion überhaupt auf die dabei eintretende Wachsexpansion zurück, die von vornherein wegen ihrer Unregelmäßigkeit und Unkontrollierbarkeit durch das Freiwerden innerer Spannungen im Wachs abzulehnen ist. Vor allem aber wird die Einbettmasse nicht gleichmäßig von dem überschüssigen Wasser durchdrungen (3), so daß es zur ungleichmäßigen Expansion kommen muß.

Wichtig bei der Durchführung der Einbettung ist, daß das Expansionsvermögen der Einbettmasse nicht behindert wird, da sie sich sonst in den Gußhohlraum ausdehnen würde (Pseudo-Kontraktion-Knischewski (28)). OETTINGER (38) empfiehlt die Auskleidung der Muffel mit einer dicken Schicht von technischer Vaseline. GERLACH (18) gibt eine verriegelbare Kupferring-Muffel an, DREYER-JÖRGENSEN (10), FLAUMENHAFT (16) und BUCK (6) verzichten ganz auf einen starren Gußring. Es werden lediglich Papierzylinder oder Gummimanschetten verwendet. Die vollständige Auskleidung der Gußmuffel mit Asbestpapier wird von APPEL (1), FINKBEINER (15), ZÄHRINGER (51) und der DEGUSSA (46) empfohlen. Nach FEINMANN (14) und FUSAJAMA (17) ruft das feuchte Asbest eine hygroskopische Expansion hervor, die FUSAJAMA durch die Verwendung von trockenem eingefettetem Asbest vermeiden will. FEINMANN glaubt sogar, daß die für die Abbindedehnung gemessenen Werte zu hoch seien und eigentlich der Mißinterpretation der hygroskopischen Expansion zuzuschreiben seien, die durch das nasse Asbest erzeugt werde.

Zu E. Gold und Gußvorgang

Die Goldlegierungen unterliegen nach dem Gießen einer Volumenverminderung, die während des Abkühlungsvorganges in zwei Phasen abläuft. Die Größe dieser Kontraktion wird als Schwindmaß bezeichnet. Damit ist der Unterschied zwischen dem Volumen einer flüssigen Metallmasse und deren Volumen im erkalteten festen Zustand gemeint.

Das Schwindmaß setzt sich zusammen aus:
1. der Kontraktion während des Erstarrungsvorganges (=Flüssige Schwindung, Erstarrungsschwindung) und
2. der Kontraktion, die nach der Erstarrung beim Abkühlen bis auf Zimmertemperatur auftritt (=Feste Schwindung, thermale Kontraktion).

Die Erstarrungsschwindung kann durch das Anbringen von "Verlorenen Köpfen" oder die Wahl von weiten Gußkanälen (als Schwindreservoir) weitgehend ausgeschaltet werden (47). Dadurch wird auch gleichzeitig das Auftreten von Lunkern vermieden. Die feste Schwindung, die während der Abkühlung vom Soliduspunkt bis auf Raumtemperatur auftritt, kann jedoch nicht verringert werden und ist nur durch die Ausdehnung der Einbettmasse auszugleichen.

Das Ausmaß der festen Schwindung von Goldlegierungen wird wie folgt angegeben:
APPEL (1) 1,5 bis 1,8%lin, FLAUMENHAFT (16) 1,5%lin, OETTINGER (38) und BONSACK (4) 1,25%lin, WAGNER (47) zwischen 1,5%lin (Degulor S) und 1,82%lin (Feingold), für Degulor M und Degudent 1,6%lin. ROHRBACH (40) fand für Degulor M bei weitgehend unbehinderter Schwindung einen Wert von 1,68%lin $\pm$ 0,06%lin.

Die komplizierte, vielgestaltige Form zahnärztlicher Gußobjekte bedingt außerdem eine teilweise Behinderung der thermischen Kontraktion durch die Gußform (1,40). Diese ungleichmäßige Kontraktion kann durch Verarbeitungsfehler noch vergrößert werden. Vor allem kann es durch plötzliches Abkühlen der Muffel nach dem Guß zu Verzerrungen des

Gußobjektes kommen (40). Es kann z.B. ein Inlay von 10 mm um rund 0,1 mm verändert werden!

Die Hauptaufgabe des zahnärztlichen Gußverfahrens besteht aber noch heute darin, die physikalisch bedingte feste Schwindung der Metall-Legierungen auszugleichen. Nur auf diese Art und Weise ist es möglich, Gußarbeiten herzustellen, die den klinischen Anforderungen entsprechen. Es wurden folgende Kompensationsmöglichkeiten entwickelt und praktisch durchgeführt:

1. Wachsausdehnung durch Erwärmung
2. Abbindeexpansion der Gußform
3. Wärmeexpansion der Gußform
4. Hygroskopische Expansion der Gußform.

Von diesen 4 Möglichkeiten ist lediglich die Wärmeausdehnung der Einbettmasse ohne Einschränkung zu befürworten, da die anderen die Wachsform verzerren können und so einen unkontrollierbaren Faktor im gesamten Gußverfahren bedeuten, der natürlich unerwünscht ist und vermieden werden sollte (s.Zu C + D). Bis heute allerdings war es nicht möglich, allein durch die Expansion der Einbettmasse den Ausgleich der Metallkontraktion zu erreichen. 1922 waren SOLBRIG (44) zwar die beiden Eigenschaften des Modellierwachses, nämlich die Volumenänderung bei Temperaturschwankungen und seine Elastizität bekannt, jedoch konnte er auf die Wärmeausdehnung des Wachses nicht verzichten, da "immerhin die Ausdehnung der Einbettmasse auch unter den günstigsten Bedingungen so gering ist, daß nicht die Hälfte der Kontraktion des Goldes dadurch aufgewogen werden könnte". Erst die neueren Cristobalit-Einbettmassen ergeben Expansionswerte, die denen der Goldkontraktion entsprechen oder sie noch übertreffen.

Bei der Vorbereitung der Muffel zum Guß (Wachsaustreiben und Vorwärmen) und dem Schmelzen des Metalles sollte auf die Verwendung von Gasflammen verzichtet werden, um Schädigungen der Einbettmasse und Oxydationen zu vermeiden.

Als ideal können der elektrische Ofen mit Temperaturkontrolle und die elektrisch beheizte Tiegelschleuder angesehen werden (9). Die Einführung der Tiegelschleuder, deren erstes Modell bereits 1931 von Leuser entwickelt wurde, wird von MÜNCH (33) als die bedeutendste Verbesserung in der Geschichte des zahnärztlichen Gußverfahrens seit TAGGART angesehen.

Die Vorteile dieser Apparatur sind:

1. Das Schmelzen des Metalls erfolgt nicht in der offenen Flamme, sondern es wird durch indirekte Erwärmung im Kohletiegel verflüssigt.
2. Eine Überhitzung der Schmelze kann dadurch weitgehend vermieden werden. Durch die Kohlenoxyd-Schutzgasathmosphäre wird eine Oxydation unmöglich gemacht.
3. Bis zur Beendigung des Schmelzvorganges kann die Muffel im Vorwärmeofen verbleiben, sie behält so die gewünschte Temperatur. Die Gußverzugszeit (UHLIG) kann wesentlich verkürzt werden: Sie beträgt nur noch 5s (24).
4. Durch die horizontale Lage der Muffel in der Schleuderapparatur können die Gußkanäle genügend weit gewählt werden (2,5 - 3,0 mm), so daß auf das Anbringen von verlorenen Köpfen verzichtet werden kann.
5. Der glühende Boden des Kohletiegels hält auch nach dem Guß das Schmelzreservoir noch eine Zeit lang flüssig, so daß das Gußstück Schmelze nachsaugen und lunkerfrei erstarren kann. Die Erstarrungsrichtung der Legierung kann durch die Tiegelschleuder geregelt werden, wenn die Forderung eingehalten wird, daß die Schmelze immer von den dickeren zu den dünneren Gußpartien fließen soll. Das Erstarren des Metalls erfolgt in entgegengesetzter Richtung.

ad 3. Von BUCK (6) wird die Temperatur der Muffel zum Zeitpunkt des Gießens mit 250 bis 300° C geringer angegeben, als ihre maximale Vorwärmung betragen habe. Angesichts einer Gußverzugszeit von nur 5s kann dieser Wert

keinesfalls zutreffend sein. Der in dieser kurzen Zeitspanne auftretende Temperaturabfall besitzt keine praktische Bedeutung mehr.

Zu F. Genauigkeit des Verfahrens

Das zahnärztliche Gießen muß als komplexer Vorgang betrachtet werden (15). Die einzelnen Arbeitsgänge sind:

1. Herstellung einer Wachsform
2. Einbetten dieser Wachsform in eine feuerfeste Masse
3. Austreiben des Wachses zwecks Gewinnung einer Hohlform
4. Vorwärmen der Hohlform als vorbereitende Maßnahme für den Guß
5. Der eigentliche Guß

Bei diesen Arbeitsgängen können sich Fehlermöglichkeiten ergeben, die nur zum Teil durch äußerste Sorgfalt vermeidbar sind. Die bei der Verarbeitung auftretenden Formveränderungen der einzelnen Materialien sind nur teilweise kontrollierbar. In Rechnung zu stellen sind ferner die Schwankungen in den verschiedenen industriellen Lieferungspartien, die das Endergebnis ungünstig beeinflussen können. Nach WEIKART (49,50) kann z.B. die Expansion einer Einbettungsmasse bedingt durch die unterschiedliche Qualität der einzelnen Lieferungen um 0,2%lin schwanken. Trotz der Bemühungen der Herstellerfirmen müsse mit Schwankungen bei allen verwendeten Materialien bis zu insgesamt 1,0%lin gerechnet werden! Außerdem können die sehr unterschiedlichen Formen der zu gießenden Objekte eine Behinderung der Kontraktion verursachen (1,40).

Die Idealforderung nach der absoluten Paßgenauigkeit ist aus den geschilderten Gründen in unserem Gußverfahren nicht zu erfüllen. Man muß die Forderung ROHRBACHS (40) unterstreichen, der auf jeden Fall ein unverzerrtes Gußstück verlangt. Eine Orientierung und Bewertung des zahnärztlichen Gießens wird möglich durch den Begriff der klinischen Präzision, wie er von DREYER-JÖRGENSEN (10,11)

definiert wurde. Danach ist ein maximaler Gußfehler von 50 µ zulässig (Spaltbreite zwischen Zahn und Gußobjekt). Bei einer Bezugsstrecke von 5 mm entsprechen 50 µ einer linearen Änderung von 1,0%, bei einer Bezugsstrecke von 50 mm nur noch 0,1%. Das bedeutet: Bei zunehmender Größe des Gußobjektes muß die Genauigkeit des Verfahrens größer werden.

HEHRING (24) folgend soll in der vorliegenden Arbeit als Maßausdruck für die Paßgenauigkeit der Gußstücke die prozentuale lineare Veränderung derselben gegenüber der Ausgangsform angesehen werden. Sie wird gemessen in der gewählten Bezugsstrecke als

a. Restkontraktion (= prozentuale lineare Kontraktion)
b. "Absolute Paßgenauigkeit"
c. Überkompensation (= prozentuale lineare Expansion).

Die Beziehungen zwischen linearen Veränderungen (%lin) und Änderungen des Volumens (Vol%) sind generell nicht linear proportional. Jedoch kann man bei den hier in Betracht kommenden Werten, nämlich Meßresultaten zwischen + 0,4%lin und - 0,4%lin, mit einer 3-fachen Volumenänderung rechnen (26). Das bedeutet, daß ein Gußstück, welches um 0,2%lin zu klein ausfällt, gegenüber der Ausgangsform eine Volumenverminderung von 0,6% erfährt. Für die Paßgenauigkeit einer Brücke ist die prozentuale lineare Kontraktion bzw. Expansion von größerer Bedeutung.

III. Experimenteller Teil

A. Versuchsanordnung

a. Modellbeschreibung

Die Auswahl der Brückenformen wurde in Anlehnung an JAKOB (27) vorgenommen: Es wurden kurze Schwebebrücken zum Ersatz eines fehlenden Zahnes und lange Schwebebrücken zum Ersatz von zwei fehlenden Zähnen hergestellt. Als Ausgangsformen für die Versuche wurden zwei Messingmodelle angefertigt.

Das Hauptmodell besteht aus zwei gedrehten Messingmodellen, die als stilisierte Kronenpfeiler dienen. Sie können auf einem Metallsockel in variabler Entfernung voneinander fixiert werden. Die Abb.1 zeigt den Sockel, auf dem der "Molar" und der "Prämolar" befestigt sind. Für den kleineren der Stümpfe sind zwei Stellungen möglich, so daß sich die Länge des Zwischengliedes (10 bzw.20 mm) und damit die Gesamtlänge der Brücke verändern lassen. Dem Umfang des stilisierten Molarenstumpfes entspricht ein Kronenringmaß von 30 mm, dem des Prämolaren von 23mm. Die Höhe der Zahnstümpfe beträgt 7 mm. Die präparierten Flächen enden in einer 0,2 mm breiten Stufe, die eine scharfe Begrenzung der zu modellierenden Kronen ermöglicht und im Folgenden als Vermessungsstufe bezeichnet wird. Es wurden außerdem zwei Metallhülsen angefertigt, die über die Vermessungsstufe der stilisierten Stümpfe hinaus bis auf den Sockel des Modelles reichen und dicht an den zylindrischen Teil der Stümpfe anschließen (Abb.2, 4 u.5). Sie dienten zur Modellierung der Kronen.

Das Zwischenglied wurde nach einem zweiten Messingmodell hergestellt, das eine entsprechende Längsrinne zur Aufnahme des plastischen Wachses zeigt (Abb.6,7,8 u.9). Diese Rinne besitzt im Querschnitt die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks von 5 mm Seitenlänge und ist unterbrochen durch drei eingesetzte kreisrunde Metallkörper, die in ihrem Umfange dem der modellierten Kronen entsprechen.

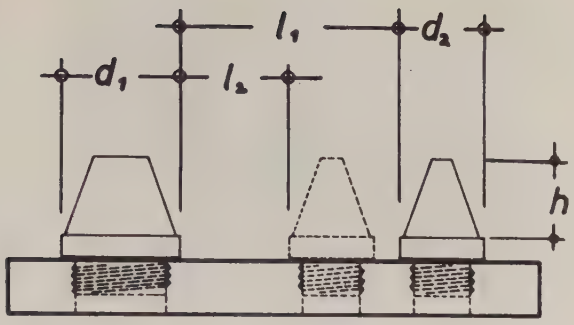


Abb.1 Hauptmodell mit den Stümpfen

d_1 = 10 mm d_2 = 7 mm

h = 7 mm

l_1 = 20,5 mm l_2 = 10,5 mm

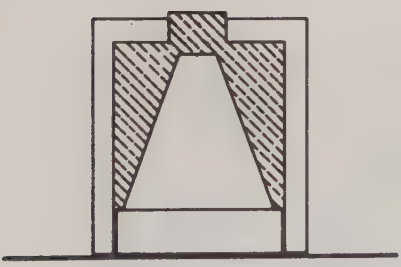


Abb.2 Stumpf mit aufgesetzter Hülse.
Schraffiert: Raum für Wachs.

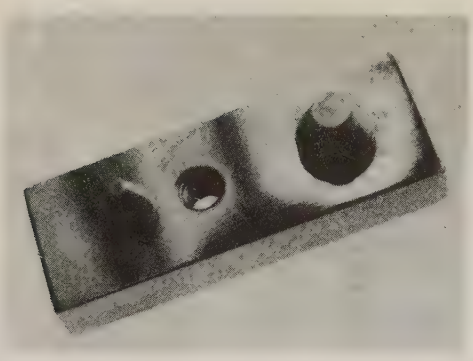


Abb.3

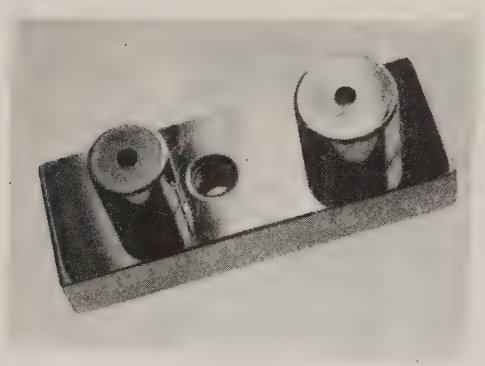


Abb.4

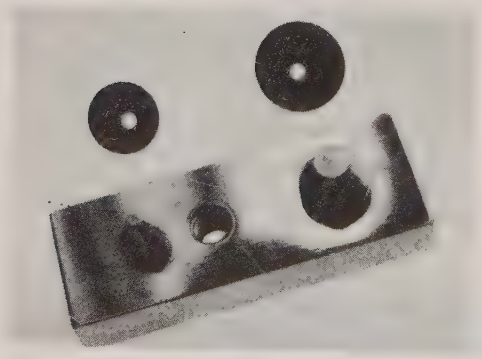


Abb.5

Abb. 3 - 5: Hauptmodell

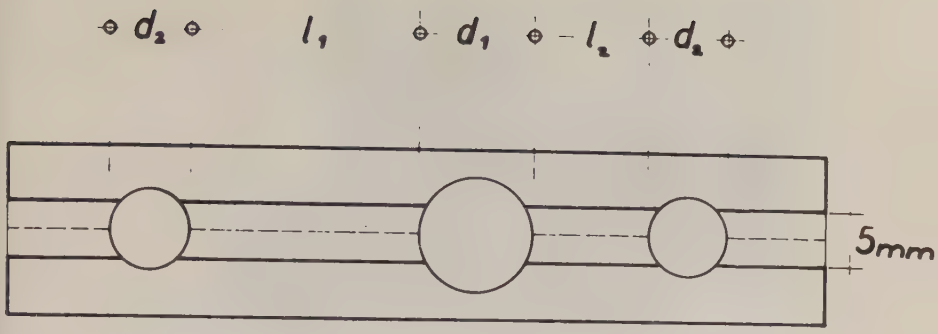


Abb.6 2. Modell zur Herstellung der Zwischenglieder

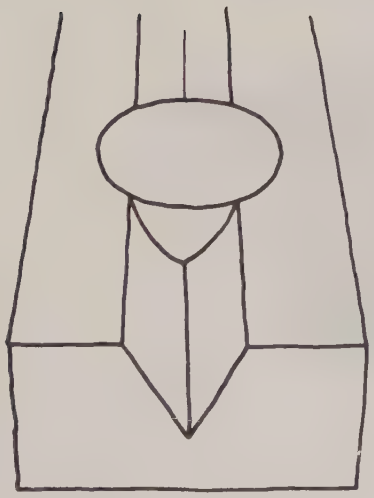


Abb.7
Das Zwischenglied erhält im Querschnitt die Form eines gleichseitigen Dreiecks von 5 mm Seitenlänge

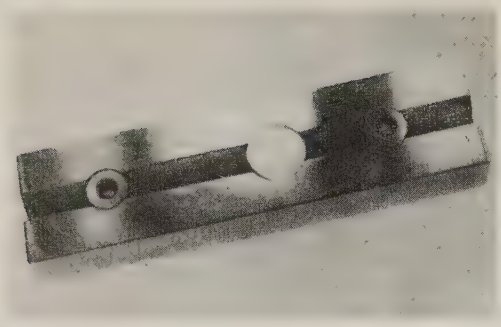


Abb.8

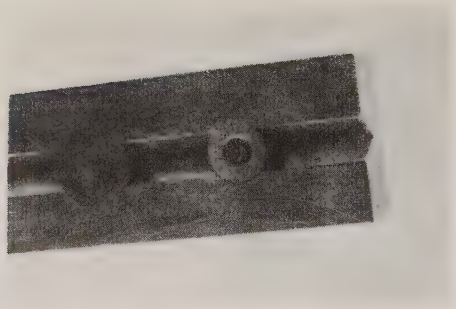


Abb.9

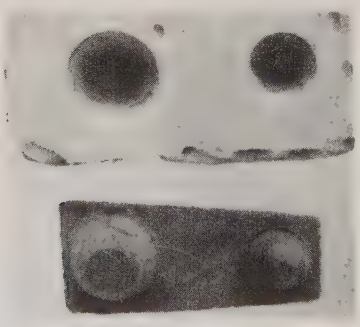


Abb.10

Abb.8-9: 2.Modell zur Herstellung der Zwischenglieder

Abb.10: Lastic 55- Abdruck und Einbettmasse-Modell

Abb.11

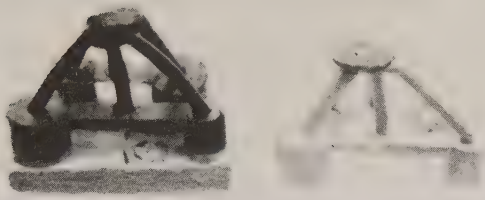


Abb.12

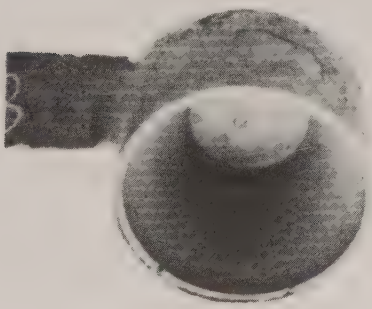


Abb.13

Abb.11: Modellierte Brücken auf dem Einbettgerät
Abb.12: Modellierte Brücken auf Einbettmasse-Modellen
Abb.13: Einsicht in eine gegossene Krone

b. Durchführung der Versuche

Folgende Versuchsbedingungen wurden konstant gehalten:

1. Herstellung der Wachsformen
2. Wachsaustreiben und Vorwärmen
3. Verwendete Gußlegierung
4. Gießen und folgende Behandlung der Werkstücke.

Zu 1.: Herstellung der Wachsformen

Die Messingmodelle wurden mit Anticoll isoliert, um das Abheben der Wachsteile zu ermöglichen. Zum Modellieren der Kronen dienten die beschriebenen Metallhülsen des Hauptmodells. Diese wurden nach dem Füllen mit zähplastischem Modellierwachs (Renfert) auf den entsprechenden Modellstumpf gesetzt und bis auf die Grundplatte gedrückt (Abb.2). Das überschüssige Wachs konnte durch ein im Hülsendeckel ausgespartes Loch von 2 mm Durchmesser abfließen und wurde nach dem Erkalten entfernt. Anschließend wurden die Metallhülsen abgezogen. Auf diese Art und Weise war es möglich, alle benötigten Kronen mit denselben Innen- und Außenmaßen herzustellen, untereinander völlig gleich zu gestalten und so denkbare Fehlermöglichkeiten durch Formabweichungen auszuschalten, die bei der Modellierung von Hand nicht zu vermeiden sind. Zwar ergab sich aus ZÄHRINGERS (51) Untersuchungen, daß unterschiedliche Wandstärken von Gußkronen keinen Einfluß auf deren Paßgenauigkeit haben, doch sollten in den Versuchsreihen gleiche Versuchsbedingungen geschaffen werden. Die Verarbeitung des Wachses erfolgte also bei Verknettemperatur, anschließend konnte es unter Druck erstarren. Dadurch wurde einem Wegschwinden von der Modelloberfläche entgegengewirkt (6).

Das Brückenzwischenglied erhielt im Querschnitt eine dreieckige Form. Damit war eine Ähnlichkeit mit der für Schwebebrücken geforderten herzförmigen Querschnittsform erreicht. Es wurde auf dem zweiten Messingmodell hergestellt, indem plastisches Modellierwachs in die Rinne gepreßt wurde. Nachdem das überschüssige Wachs mit einem scharfen Messer entfernt worden war, konnten die fertigen Wachsteile

von 10 mm bzw. 20 mm Länge nun aus dem Modell herausgenommen werden. Sie wurden zwischen die Kronen gewachst und zeigten einen guten Anschluß an deren zylindrische Außenflächen.

Alle Brücken-Wachsformen wurden mit drei aus 2,6 mm starkem Wachsdraht hergestellten Gußstiften versehen. Jeweils ein Gußstift wurde auf die Mitte einer Krone gesetzt, der dritte auf die Mitte des Zwischengliedes.

Das Einbetten der Wachsformen wurde nach zwei verschiedenen Methoden durchgeführt, die deshalb im Abschnitt "Veränderliche Versuchsbedingungen" beschrieben werden.

Zu 2.: Wachsaustreiben und Vorwärmen

Die Gußmuffeln mit den eingebetteten Wachsformen wurden nach dem Abbinden der Einbettmasse für 75 Minuten in einen Vorwärmeofen gestellt, dessen Temperatur konstant 300° C betrug. Diese für das Wachsaustreiben verhältnismäßig lange Zeit war erforderlich, da eine große Wachsmenge (2 Wachsmodelle in einer Gußform) zu entfernen war. Nach dem Wachsaustreiben wurde die Gußmuffel in einen anderen Vorwärmeofen mit automatischer Temperaturregelung langsam auf 750° C erwärmt und bei dieser Temperatur 30 Minuten lang belassen.

Zu 3.: Verwendete Gußlegierung

Als Gußlegierung wurde Degulor M der Firma Degussa mit folgenden physikalischen Eigenschaften verwendet:

Schmelzintervall 970 - 900° C, thermale Kontraktion 1,6% in, Brinellhärte 220 kg/mm^2 (ausgehärtet).

Jeder Guß benötigte 33 Gußplättchen, das entspricht ca. 30 g Degulor M. Für jeden Einzelguß wurde nur neues Material verwendet.

Zu 4.: Gießen und nachfolgende Behandlung der Werkstücke

Das Gußmaterial wurde in dem elektrisch beheizten Schmelz-

ofen der Degussa Tiegelschleuder in einem Kohletiegel verflüssigt und 10 Sekunden lang weiter erhitzt. Erst dann wurde die Muffel aus dem Ofen genommen und in die Schleuder gesetzt, die sofort ausgelöst wurde. Nach dem Gießen konnte die Muffel an der Luft langsam bis auf Zimmertemperatur abkühlen. Durch das langsame Abkühlen wurden folgende Vorteile gewonnen:

1. Das Auftreten von Gußspannungen, die zu Formveränderungen führen können, wird vermieden (40).
2. Ein nachträgliches Vergüten im Salzbad entfällt, da sich diese Legierung bei langsamem Abkühlen von selbst vergütet.

Nach dem Abkühlen wurde das Gußobjekt ausgebettet und in 10%iger Schwefelsäure abgebeizt. Außer dem Absägen der Gußstifte wurden die Werkstücke keiner Bearbeitung unterzogen.

Veränderliche Versuchsbedingungen:

1. Länge der Brücken
2. Verwendung verschiedener Einbettmassen
3. Arbeitsverfahren der Brückenherstellung.

Zu 1.: Länge der Brücken

Es sind kurze Einstückgußbrücken (3-gliedrig) und lange Einstückgußbrücken (5-gliedrig) angefertigt worden. Es sollte untersucht werden, ob die lineare Veränderung von Gußobjekten gegenüber ihrer Ausgangsform von ihrer Größe bzw. von der zum Gießen benötigten Metallmenge abhängt und wie diese Veränderung im Hinblick auf die klinische Paßgenauigkeit zu beurteilen ist.

Zu 2.: Verwendung verschiedener Einbettmassen

Für die Versuche sind die folgenden Einbettmassen verwendet worden:

E 316
Duroterm hart
Deguvest HFG.

Einbettmasse E 316

Herstellerangaben:

W : P = 10 : 40 - 50,
dicke Mischung ergibt eine Gesamtexpansion von 1,5%lin bei 700° C.
W : P = 10 : 30,
dünne Mischung ergibt eine Gesamtexpansion von 1,2%lin bei 700° C.

An der Klinik durchgeführte Messungen der thermischen Expansion ergaben 0,9%lin.
Verwendetes Anmischverhältnis 10 : 30.
E 316 wurde in die Versuche einbezogen als in der Praxis viel benutzte Einbettmasse.

Einbettmasse Duroterm hart

Herstellerangaben:

W : P = 10 : 29
Gesamtexpansion 1,6%lin, davon 0,2 - 0,3%lin Abbindeexpansion.

An der Klinik durchgeführte Messungen der thermischen Expansion ergaben 1,02%lin.
FLAUMENHAFT (16) hat für die Abbindeexpansion 0,36%lin gemessen. Verwendetes Anmischverhältnis 15 : 29. (Das W : P - Verhältnis mußte so abgeändert werden, daß eine etwas dünnere Mischung entstand. Erst damit konnte die direkte Vakuumeinbettung durchgeführt werden.) Duroterm hart wurde in die Versuche einbezogen als speziell für den Modellguß empfohlene Einbettmasse.

Einbettmasse Deguvest HFG

Herstellerangaben:

W : P = 14 : 100
Gesamtexpansion 1,72%lin bei 700 - 800° C, davon Abbindeexpansion 0,32%lin und thermische Expansion 1,40% lin.

An der Klinik durchgeführte vorläufige Messungen ergaben

1,16%lin für die thermische Expansion.
Verwendetes Anmischverhältnis 15 : 100. (Das W : P - Verhältnis mußte so abgeändert werden, daß eine etwas dünnere Mischung entstand. Erst damit konnte die direkte Vakuumeinbettung durchgeführt werden.) Deguvest HFG wurde in die Versuche einbezogen, weil es auf verschiedene gewünschte Expansionswerte einstellbar ist. Die Einbettmasse wird nämlich nicht mit Wasser angerührt, sondern mit der der Packung beigegebenen Spezialflüssigkeit. Durch Verdünnen der Anrührflüssigkeit mit destilliertem Wasser erhält man unterschiedliche Konzentrationen, die zu verschiedenen Werten für die Expansion der Masse führen. Für die Versuche wurde die 75%ige Konzentration der Deguvest-Flüssigkeit gewählt, mit der die hohe Gesamtexpansion von 1,72%lin zu erreichen sein soll. Diese Konzentration wird von der Herstellerfirma bei Verwendung der Degudent-Legierung angegeben. Da sowohl Degudent als auch Degulor M dieselbe thermische Kontraktion von 1,6%lin haben, können die Versuchsergebnisse, die mit Degulor M erzielt worden sind, bezogen auf den Ausgleich der Kontraktion auch für Degudent gelten.

Mit der unverdünnten Anrührflüssigkeit soll eine Gesamtexpansion von 2,08%lin erreichbar sein. Die Einbettmasse Deguvest HFG ist eine gipsfreie Masse, die speziell für die VMK-Technik entwickelt wurde, bei der keramische Massen direkt auf die Legierung aufgebrannt werden können. Auf das Anbringen von Luftabzugskanälen bei der Verwendung dieser Einbettmasse, deren große Dichte das Entweichen der Luft aus dem Gußhohlraum beim Einschießen der Schmelze behindern könnte, wurde verzichtet. In keinem Falle wurden Luftstauungen beobachtet.

Zu 3.: Arbeitsverfahren der Brückenherstellung

In der Versuchsanordnung sind das Modellgussverfahren und die direkte Vakuumeinbettung der Wachsformen berücksichtigt worden.

a. Modellgußverfahren

Bei der Anwendung des Modellgußverfahrens mußte zunächst ein Modell aus Einbettmasse gewonnen werden. Dazu wurde ein individueller Löffel aus Kunststoff angefertigt, der mit Lastic 55 gefüllt eine genaue Abdrucknahme vom Messingmodell erlaubte (Doppelabdruckmethode). Dieser Abdruck wurde mit Einbettmasse ausgegossen (Abb.10). Es wurde darauf geachtet, daß die Mischung von Wasser zu Pulver genau derjenigen entsprach, die auch beim Einbetten zum Füllen der Muffel verwendet wurde. Das Auftreten von Sprüngen in der feuerfesten Form, die sich an den gegossenen Werkstücken durch Gußfahnen manifestieren, wird damit vermieden. Auch SPENGLER (45) weist bei seiner Methode der Einstückguß-Inlaybrücke, bei der das Modell aus Einbettmasse das Kernstück darstellt, auf die Notwendigkeit hin, beim Einbetten in die Muffel gleichartig sich ausdehnende Einbettmasse zu verwenden.

Die Wachseinzelteile für die nach dem Modellgußverfahren herzustellenden Brücken wurden auf den Messingmodellen modelliert, auf das Einbettmassemodell übertragen und zusammengewachst. Anschließend wurden entsprechend Abb.11 und 12 drei Gußstifte angesetzt. Bevor die eigentliche Muffeleinbettung vorgenommen wurde, mußte das trockene Modell mit Wasser befeuchtet werden, um eine innige Verbindung der Einbettmassen zu gewährleisten.

Erst nach diesem Arbeitsgang wurde die Oberfläche der Wachsform mit einem Netzmittel entfettet. Dadurch wird das Bedecken der Wachsflächen mit Einbettmasse erleichtert. Ein solches Netzmittel besteht aus einer lipophilen und einer hydrophilen Gruppe. Nachdem sich die lipophile Gruppe der fettigen bzw. wachshaltigen Oberfläche angelagert hat, ist die hydrophile Gruppe zur Bindung von Wasser frei und hebt so die wasserabstoßende Wirkung des Fettes auf. Bei den Versuchen wurde Kerr-Vakufilm benutzt. Der Wahl des Netzmittels fällt nur eine untergeordnete Rolle zu (20).

Nach dem Entfetten wurde die für das Einbetten in die Muffel benötigte Menge an Einbettmasse angespatelt und unter dem Vakulit-Gerät von Lufteinschlüssen befreit. Mit einem weichen Pinsel wurde diese Einbettmasse auf die Wachsoberfläche aufgetragen und das Objekt sogleich in die gefüllte Muffel gesetzt. In jedem Falle ist die Gußmuffel mit einer Lage feuchten Asbestpapiers vollständig ausgekleidet worden.

b. Vakuumeinbettung

Die direkte Vakuumeinbettung der Wachsobjekte ist folgendermaßen durchgeführt worden: Nachdem die Einzelteile auf dem Metallmodell zusammengewachst und mit Gußstiften versehen worden waren, wurden sie zum Entspannen des Wachses noch auf dem Modell 10 Minuten lang in ein ca. 35° C warmes Wasserbad gesetzt. Danach wurden sie vom Modell abgehoben und auf dem Einbettgerät der Firma Degussa festgewachst (Abb.11). Anschließend konnten sie mit dem Netzmittel bedeckt werden. Dann wurde die mit feuchtem Asbest ausgekleidete Muffel auf das Gerät gesetzt. Sie wurde mit einer Manschette aus Papier verlängert, um die bei der Vakuumeinbettung aufschäumende Masse aufnehmen zu können.

Nach dem Füllen mit Einbettmasse wurde die Muffel unter die Glocke des Vakulit-Gerätes gestellt und darunter belassen, bis der erforderliche Unterdruck von fast einer Atmosphäre (12-16 mmHg) erreicht war. Die Luft konnte durch Öffnen des Ventils langsam wieder einströmen. Die aufgeschäumte, nunmehr luftarme Einbettmasse sank zusammen und erhielt durch diese Behandlung eine dichtere Konsistenz. Der Überschuß der abgebundenen Einbettmasse wurde mit der Papiermanschette entfernt.

Durchgeführte Versuchsreihen

Aus der Verwendung von drei Einbettmassen ergaben sich drei Versuchsreihen. In jeder dieser Reihen wurden 40

Brücken modelliert und gegossen, so daß sich eine Gesamtzahl von 120 Einzelversuchen ergibt. Von den 40 Brücken wurden 20 als 3-gliedrige und 20 als 5-gliedrige Einstückgußbrücken gestaltet. Die Länge der Zwischenglieder betrug dabei 10 mm bzw. 20 mm. 10 von diesen Brücken wurden nach dem Modellgußverfahren hergestellt, 10 wurden nach der direkten Vakuumeinbettung wie beschrieben angefertigt. Daraus ergibt sich folgendes Schema der durchgeführten Versuche:

	Lange Brücken		Kurze Brücken	
	Modellguß	Vakuum	Modellguß	Vakuum
1.Versuchsreihe				
E 316	10	10	10	10
2.Versuchsreihe				
Duroterm hart	10	10	10	10
3.Versuchsreihe				
Deguvest HFG	10	10	10	10

10 = Anzahl der Einzelversuche
Gesamtzahl = 120

Es wurden also unter denselben Versuchsbedingungen jeweils 10 Objekte modelliert und gegossen. Aus der Anzahl von 10 Einzelversuchen erlaubt die Statistik gewisse allgemeine Aussagen, die in den Auswertungen der Versuchsergebnisse besprochen werden sollen.

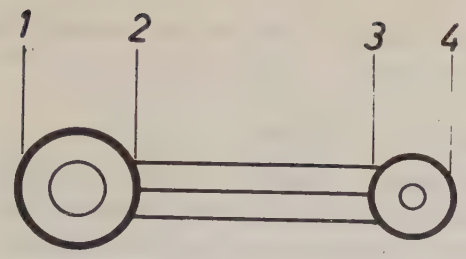
B. Vermessen

Nach dem Absägen der Gußstifte konnten die Brücken unter dem Meßmikroskop 50 der Firma Carl Zeiss vermessen werden, das einen Meßbereich von 0 mm bis 50 mm besitzt. Dieses Instrument gestattet es, Werte bis zur zweiten Dezimalen genau abzulesen und die dritte Dezimale zu schätzen. Eine größere Genauigkeit für die Beurteilung der durch den komplexen Vorgang des Gießens verursachten Längenänderung von zahnärztlichen Gußstücken ist nicht erforderlich, da die Fehlergrenzen der von DREYER-JÖRGENSEN (10) geforderten

klinischen Paßgenauigkeit bei 50 µ = 0,05 mm liegen.

Das Ausmessen von Objekten unter dem Mikroskop kann nur unter der Voraussetzung genau sein, daß die Meßpunkte immer in der Meßebene liegen. Im anderen Falle wären Fehler unvermeidlich. Es wurde ein Sockel aus Kunststoff angefertigt, der es ermöglichte, jede einzelne Brücke immer in der gleichen Stellung zu fixieren (Abb.15). Dieser Sockel hat Aussparungen für die Gußstiftansätze und das Zwischenglied, so daß geringe Abweichungen in deren Stellung keine Bedeutung für den genauen Sitz der Brücke im Kunststoffsockel haben konnten. Die "Kauflächen" der Kronen dienten zur Fixierung. Die Meßpunkte lagen nun in einer Ebene, die zur Grundfläche des Vermessungssockels und damit zur Meßebene des Mikroskops parallel verlief. Diese Parallelität wurde mit Hilfe eines Gerätes der Firma Leitz erreicht. Der Sockel hat zusätzlich Markierungen, die der Längsachse der gegossenen Brücke entsprechen (Abb.16). Mit dem beschriebenen Vermessungssockel war es möglich, alle Brücken situationsgleich zu vermessen.

Unter dem Mikroskop wurde das zu vermessende Objekt nun so orientiert, daß die feststehende horizontale Achse des Fadenkreuzes im Mikroskop durch die Längsmarkierungen des Sockels, mithin durch die Achse der Brücke verlief. Von der Überlegung ausgehend, daß für die Paßgenauigkeit einer Brücke die Innenkanten der Kronen am cervicalen Rande von größter Bedeutung sind, wurden dort die vier Meßpunkte gewählt (Abb.14). Die Kronenränder waren mit der 30-fachen Vergrößerung des Mikroskopes deutlich zu erkennen. Der erste Meßpunkt diente zur Einstellung des Nullwertes. Er beträgt also in allen Fällen genau 0,000 mm. Durch Verschieben der vertikalen Achse des Fadenkreuzes auf die anderen Meßpunkte war es möglich, die Teilwerte und die Gesamtlänge der Brücke zu ermitteln. Um Fehler beim Ablesen der Zahlen auszuschalten, ist jedes einzelne Werkstück dreimal unter dem Meßmikroskop orientiert und danach vermessen worden. Aus den drei Einzelwerten wurde der Mittel-



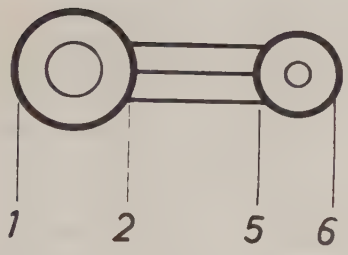


Abb.14:
Die fertigen Brücken mit den Meßpunkten

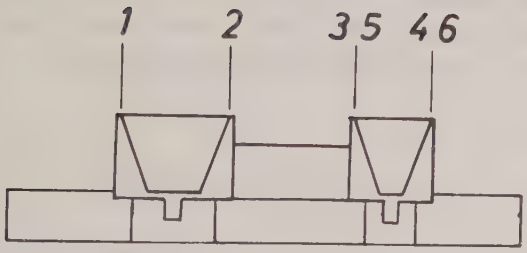


Abb.15:
Brücke im Kunststoff-Sockel

Abb.16:
In der Aufsicht ist die Linie zur Markierung der Brücken-Längsachse zu erkennen.

wert gebildet, der in den Tabellen für die Einzelversuche angegeben wird.

C. Auswerten der Ergebnisse, Tabellen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 120 Einstückgußbrücken hergestellt. Jeweils 10 dieser Gußobjekte wurden unter denselben Voraussetzungen angefertigt. Sie bilden deshalb eine Gruppe oder Beobachtungsreihe. Zur Charakterisierung jeder Beobachtungsreihe wurde aus den 10 Einzelwerten der Mittelwert oder das arithmetische Mittel gebildet, das die Summe der Einzelwerte x_i dividiert durch die Zahl n der Beobachtungen ist:

$$x_m = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \ldots\ldots x_n)$$

Als einfachstes Maß aller Streuungswerte wird die Variationsbreite angegeben, die sich aus der Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert der Beobachtungsreihe ergibt. Zur Beschreibung der Reihe ist ferner die Kenntnis der Ausbreitung oder Streuung der Einzelglieder um den Mittelwert von größter Wichtigkeit (48). "Sie vermittelt eine Vorstellung von der Variabilität des untersuchten Merkmals" (WEBER).

Die Varianz wird definiert durch:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - x_m)^2}{n-1}$$

s = Standardabweichung
n = Anzahl
x_m = Arithmetisches Mittel

Der Wert der Wurzel aus der Varianz heißt mittlere Abweichung, Standardabweichung oder Streuung:

$$s = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_m - x_i)^2}{n-1}}$$

Zu jeder der 12 Beobachtungsreihen werden außer dem Mittelwert, aus dem sich die mittlere prozentuale lineare Veränderung errechnen läßt, die Variationsbreite und vor allem die Standardabweichung angegeben.

Als Ausgangswert (Sollwert) für die nach dem Guß gemesse-

ne Länge der Brücken wurden die entsprechenden Meßpunkte auf dem Messingmodell betrachtet. Es erschien nicht sinnvoll, aus Wachs modellierte Objekte vor dem Einbetten unter dem Mikroskop zu vermessen. In der Verzögerung zwischen Modellieren und Einbetten liegt offensichtlich die Gefahr einer Formveränderung des Gußwachses. Zudem wäre das Vermessen vor dem Einbetten bei dem beschriebenen Modellgußverfahren nicht möglich gewesen.

In den folgenden Tabellen werden die Meßergebnisse für die einzelnen Objekte und die daraus errechneten Mittelwerte angegeben. Der Vergleich mit den Ausgangswerten (Messingmodell) ergibt die Längenänderung. Nach den oben angegebenen Formeln sind außerdem die Variationsbreite und die Streuung errechnet worden.

1. Versuchsreihe E 316 Maßeinheit: mm

	Lange Brücken -Modellguß-				Lange Brücken -Vakuum-			
Meß-punkt	1	2	3	4	1	2	3	4
	0,000	9,930	31,232	38,196	0,000	10,006	31,223	38,244
	0,000	9,886	31,260	38,172	0,000	9,938	31,153	38,194
	0,000	9,899	31,244	38,119	0,000	9,920	31,141	38,1o5
	0,000	10,009	31,274	38,291	0,000	10,028	31,327	38,327
	0,000	9,928	31,190	38,156	0,000	9,993	31,157	38,175
	0,000	9,933	31,255	38,221	0,000	10,029	31,282	38,323
	0,000	9,975	31,277	38,282	0,000	10,012	31,417	38,446
	0,000	9,980	31,311	38,311	0,000	9,898	31,083	38,040
	0,000	9,939	31,423	38,414	0,000	10,019	31,306	38,323
	0,000	9,964	31,295	38,286	0,000	10,010	31,228	38,309
Arithm Mittel	0,000	9,944	31,276	38,245	0,000	9,985	31,232	38,249
Soll-werte	0,000	10,o13	31,389	38,431	0,000	10,013	31,389	38,431

Längen-änderung -0,186 mm = - 0,49%lin -0,182 mm = - 0,48%lin

Variations-breite 0,295 mm 0,406 mm

Streuung ± 0,088 mm = ± 0,25%lin ± 0,121 mm = ± 0,31%lin

1. Versuchsreihe E 316

Maßeinheit mm

	kurze Brücken -Modellguß-				kurze Brücken -Vakuum-			
Meß-punkt	1	2	5	6	1	2	5	6
	0,000	9,855	21,027	27,999	0,000	9,987	21,073	28,098
	0,000	9,875	21,077	28,015	0,000	10,011	21,090	28,217
	0,000	9,915	21,113	28,110	0,000	9,964	21,036	28,075
	0,000	10,006	21,162	28,180	0,000	9,897	21,021	28,027
	0,000	9,963	21,127	28,115	0,000	9,923	21,077	28,044
	0,000	9,963	21,167	28,177	0,000	10,030	21,205	28,248
	0,000	9,932	21,154	28,117	0,000	9,915	20,993	27,967
	0,000	9,926	21,134	28,101	0,000	9,999	21,170	28,200
	0,000	9,990	21,255	28,241	0,000	9,958	21,086	28,165
	0,000	9,962	21,235	28,180	0,000	9,937	21,145	28,142
Arithm. Mittel	0,000	9,939	21,145	28,124	0,000	9,962	21,090	28,118
Soll-werte	0,000	10,013	21,239	28,281	0,000	10,013	21,239	28,281

Längen-änderung -0,157 mm = -0,56%lin -0,163 mm = -0,58%lin

Variations-breite 0,242 mm 0,281 mm

Streuung ± 0,075 mm = ± 0,25%lin ± 0,090 mm = ± 0,31%lin

2. Versuchsreihe: Duroterm hart

Maßeinheit: mm

	Lange Brücken -Modellguß-				Lange Brücken -Vakuum-			
Meß-punkt	1	2	3	4	1	2	3	4
	0,000	10,024	31,243	38,306	0,000	10,033	31,257	38,391
	0,000	10,051	31,247	38,306	0,000	10,013	31,318	38,419
	0,000	10,037	31,315	38,375	0,000	10,004	31,203	38,300
	0,000	10,051	31,321	38,387	0,000	10,014	31,219	38,219
	0,000	10,041	31,264	38,306	0,000	10,098	31,351	38,403
	0,000	10,083	31,300	38,363	0,000	10,089	31,239	38,301
	0,000	10,068	31,313	38,399	0,000	10,007	31,235	38,318
	0,000	10,076	31,292	38,380	0,000	10,021	31,284	38,330
	0,000	10,063	31,336	38,390	0,000	10,069	31,355	38,454
	0,000	10,056	31,289	38,345	0,000	10,076	31,237	38,304
Arithm. Mittel	0,000	10,055	31,292	38,356	0,000	10,042	31,270	38,344
Soll-werte	0,000	10,013	31,389	38,431	0,000	10,013	31,389	38,431
Längen-änderung	-0,075 mm = - 0,20%lin				-0,067 mm = - 0,23%lin			
Variations-breite	0,093 mm				0,235 mm			
Streuung	± 0,037 mm = ± 0,09%lin				± 0,072 mm = ± 0,18%lin			

2. Versuchsreihe: Duroterm hart

Maßeinheit: mm

	Kurze Brücken -Modellguß-				Kurze Brücken -Vakuum-			
Meß-punkt	1	2	5	6	1	2	5	6
	0,000	10,077	21,173	28,254	0,000	10,076	21,176	28,200
	0,000	10,006	21,143	28,144	0,000	10,007	21,104	28,160
	0,000	10,023	21,189	28,228	0,000	10,011	21,188	28,213
	0,000	10,049	21,211	28,262	0,000	10,027	21,155	28,231
	0,000	10,034	21,164	28,204	0,000	10,052	21,138	28,227
	0,000	10,051	21,174	28,214	0,000	10,008	21,165	28,216
	0,000	9,978	21,146	28,158	0,000	10,023	21,153	28,223
	0,000	10,051	21,173	28,239	0,000	10,061	21,245	28,281
	0,000	10,028	21,183	28,196	0,000	10,073	21,168	28,240
	0,000	10,032	21,174	28,219	0,000	10,048	21,082	28,178
Arithm. Mittel	0,000	10,033	21,173	28,212	0,000	10,039	21,158	28,217
Soll-werte	0,000	10,013	21,239	28,281	0,000	10,013	21,239	28,281
Längen-änderung		-0,069 mm = -0,24%lin				-0,064 mm = -0,23%lin		
Variations-breite		0,118 mm				0,121 mm		
Streuung		± 0,038 mm = ± 0,13%lin				± 0,033 mm = ± 0,12%lin		

3. Versuchsreihe: Deguvest HFG

Maßeinheit: mm

	Lange Brücken -Modellguß-				Lange Brücken -Vakuum-			
Meß-punkt	1	2	3	4	1	2	3	4
	0,000	10,044	31,438	38,474	0,000	10,090	31,486	38,566
	0,000	10,108	31,474	38,574	0,000	10,067	31,486	38,517
	0,000	10,066	31,502	38,552	0,000	10,114	31,543	38,642
	0,000	10,098	31,511	38,569	0,000	10,083	31,543	38,600
	0,000	10,070	31,555	38,602	0,000	10,188	31,596	38,650
	0,000	10,066	31,454	38,470	0,000	10,055	31,418	38,453
	0,000	10,080	31,479	38,546	0,000	10,071	31,523	38,649
	0,000	10,055	31,424	38,478	0,000	10,108	31,451	38,566
	0,000	10,078	31,507	38,586	0,000	10,035	31,370	38,459
	0,000	10,102	31,396	38,485	0,000	10,060	31,427	38,558
Arithm. Mittel	0,000	10,077	31,474	38,534	0,000	10,087	31,489	38,566
Soll-werte	0,000	10,013	31,389	38,431	0,000	10,013	31,389	38,431
Längen-änderung	+ 0,103 mm = + 0,27%lin				+0,135 mm = + 0,32%lin			
Variations-breite	0,132 mm				0,197 mm			
Streuung	± 0,051 mm = ± 0,13%lin				± 0,072 mm = ± 0,18%lin			

3. Versuchsreihe: Deguvest HFG

Maßeinheit: mm

Meß-punkt	Kurze Brücken -Modellguß-				Kurze Brücken -Vakuum-			
	1	2	5	6	1	2	5	6
	0,000	10,074	21,255	28,351	0,000	10,146	21,295	28,434
	0,000	10,108	21,296	28,377	0,000	10,093	21,312	28,387
	0,000	10,084	21,296	28,356	0,000	10,060	21,246	28,303
	0,000	10,079	21,278	28,348	0,000	10,072	21,290	28,400
	0,000	10,059	21,271	28,318	0,000	10,041	21,280	28,423
	0,000	10,064	21,327	28,406	0,000	10,043	21,199	28,285
	0,000	10,084	21,320	28,398	0,000	10,059	21,258	28,355
	0,000	10,047	21,252	28,331	0,000	10,065	21,275	28,328
	0,000	10,059	21,274	28,318	0,000	10,069	21,186	28,333
	0,000	10,064	21,288	28,330	0,000	10,050	21,236	28,309
Arithm. Mittel	0,000	10,072	21,286	28,353	0,000	10,070	21,258	28,356
Soll-werte	0,000	10,013	21,239	28,281	0,000	10,013	21,239	28,281
Längen-änderung	+ 0,072 mm = + 0,25%lin				+0,075 mm = + 0,27%lin			
Variations-breite	0,088 mm				0,149 mm			
Streuung	± 0,031 mm = ± 0,11%lin				± 0,053 mm = ± 0,19%lin			

Zusammenfassende Tabelle der Versuchsergebnisse

	Lange Brücken -Modellguß-	Lange Brücken -Vakuum-	Kurze Brücken -Modellguß-	Kurze Brücken -Vakuum-
1. E 316				
Länge	38,245 <u>38,431</u>	38,249 <u>38,431</u>	28,124 <u>28,281</u>	28,118 <u>28,281</u>
Änderung	-0,186 mm = -0,49%lin	-0,182 mm = -0,48%lin	-0,157 mm = -0,56%lin	-0,163 mm = -0,58%lin
Streuung	±0,25%lin	±0,31%lin	±0,25%lin	±0,31%lin
2. Duroterm hart				
Länge	38,356 <u>38,431</u>	38,344 <u>38,431</u>	28,212 <u>28,281</u>	28,217 <u>28,281</u>
Änderung	-0,075 mm = -0,20%lin	-0,087 mm = -0,23%lin	-0,069 mm = -0,24%lin	-0,064 mm = -0,23%lin
Streuung	±0,09%lin	±0,18%lin	±0,13%lin	±0,12%lin
3. Deguvest HFG				
Länge	38,534 <u>38,431</u>	38,566 <u>38,431</u>	28,353 <u>28,281</u>	28,356 <u>28,281</u>
Änderung	+0,103 mm = +0,27%lin	+0,135 mm = +0,32%lin	+0,072 mm = +0,25%lin	+0,075 mm = +0,27%lin
Streuung	±0,13%lin	±0,18%lin	±0,11%lin	±0,19%lin

<u>Sollwerte unterstrichen.</u>

IV. Diskussion

A. Positiver oder negativer Gußfehler

Aus verschiedenen Gründen kann ein Gußfehler nicht ganz ausgeschlossen werden. Die Idealforderung HEHRINGS (24) nach der absoluten mathematisch genauen Formtreue der Gußstücke läßt sich nicht erfüllen. Hierbei spielen nicht nur die Formveränderungen der verwendeten Materialien eine Rolle, sondern aus der oft komplizierten Gestalt der Gußstücke ergeben sich Abweichungen, die in der unterschiedlichen Schwindung der verschieden starken Metallpartien mit ihren Temperaturunterschieden während des Erstarrungsvorganges und deren Behinderung durch die starre Wandung der Gußhohlform bedingt sind (40).

Der in der vorliegenden Arbeit erreichte Wert für die Streuung von $\pm$ 0,2%lin, um den also die Einzelwerte um den Mittelwert schwanken können, beeinflußt das jeweilige Endergebnis. Auch bei sorgfältiger Durchführung des Gußverfahrens und Einhaltung der gültigen Verarbeitungsvorschriften muß mit diesem Faktor gerechnet werden (24). Da sich dieser Wert für die Schwankungsbreite z.B. schon durch das ungenaue Anmischen der Einbettmasse, also ohne Wasser- und Pulvermenge abzuwiegen, vergrößern wird, sollte der sorgfältigen Durchführung jedes einzelnen Arbeitsganges im Rahmen des zahnärztlichen Gußverfahrens besondere Beachtung geschenkt werden.

Folgende Überlegung muß an dieser Stelle erwähnt werden: Da der festsitzende Zahnersatz im Munde des Patienten mit Zement aufgesetzt wird, muß auch der Platz Berücksichtigung finden, der von dem Zementfilm beansprucht wird. Nach Messungen, die von WEIKART und vom Materialprüfungsausschuß durchgeführt wurden, beträgt die Stärke der Zementschicht 25 μ. Bei der Wahl zwischen einem positiven und einem negativen Gußfehler müßte dementsprechend der

erstere vorgezogen werden (17,49,51), da ein zu kleines Gußstück u.U. klinisch nicht brauchbar sein kann. Das gilt aber nur für Kronen- und Brückenarbeiten. Im Gegensatz dazu darf ein Inlay nicht größer als seine Wachsform ausfallen, da sonst beim Einsetzen der Zahn gesprengt werden könnte. Für eine einflächige Goldfüllung, die größer als 3 mm ist, genügt nach WEIKART ein Kontraktionsausgleich von 70%. Kleinere Objekte brauchen keinen Ausgleich. Für Gußkronen verlangt WEIKART eine Gesamtexpansion der Einbettmasse, die höher als die Abkühlungskontraktion (Feste Schwindung) der Legierung liegt, zumindest einen Ausgleich von 120%. Auch WAGNER (47) fordert als Faustregel eine Gesamtexpansion, die um etwa 0,1%lin größer sein solle als die Metallschwindung.

Nach den vorliegenden Ergebnissen scheint es nun durchaus sinnvoll zu sein, Brückenersatz nach dem Einstückguß-Verfahren herzustellen. Der Wahl der hierfür verwendeten Einbettmasse muß die größte Bedeutung zuerkannt werden. Bei der Betrachtung der Tabellen für die einzelnen Versuchsreihen fallen die großen Unterschiede auf, die für die Werte der Längenänderung ermittelt wurden:

Bei der Verwendung der Einbettmasse E 316 sind die Brücken im Durchschnitt um 0,53%lin und bei Duroterm hart um 0,23%lin zu klein ausgefallen. Bei Verwendung von Deguvest HFG ist dagegen die Kontraktion des Metalles überkompensiert worden. Die Werkstücke wurden nämlich um 0,28%lin zu groß. Aus dem Gesagten ergibt sich, daß von den drei geprüften Einbettmassen für den Einstückguß die Masse E 316 nicht empfohlen werden kann. Es kann aber die Anwendung der Deguvest-Einbettmasse angeraten werden, weil damit tatsächlich die geforderte Überkompensation der Metallschwindung zu erreichen ist.

Aus der zusammenfassenden Tabelle, die den Vergleich der Versuchsergebnisse gestattet, läßt sich erkennen, daß die Unterschiede zwischen den relativen Werten von langen und

kurzen Einstückgußbrücken nicht erheblich sind. Jedoch wird der absoluten Längenänderung einer Brücke durch die physiologische horizontale Zahnbeweglichkeit eine Grenze gesetzt, wie später erörtert werden soll.

B. Vorteile des Modellgußverfahrens

Als ein weiteres wichtiges Ergebnis soll auf folgendes hingewiesen werden:

Die nach dem Modellgußverfahren hergestellten Brücken unterlagen zwar praktisch der gleichen linearen Veränderung, doch weichen die Einzelwerte durchweg weniger vom Mittelwert ab als bei den nach der direkten Vakuumeinbettung angefertigten Einstückgußbrücken. Diese größere Stetigkeit der Ergebnisse läßt sich dadurch erklären, daß die Wachsteile durch Modellieren, Entspannen, Entfetten und schließlich Einbetten möglicherweise eben Formveränderungen unterliegen, die bei dem Modellgußverfahren nicht auftreten können. Hierbei kommt es ja ausschließlich auf die Formtreue und die Genauigkeit des Einbettmassemodelles an. Daraus ergibt sich, daß für den Einstückguß von Brücken immer das Modellgußverfahren empfohlen werden muß. Andere Autoren lassen im Gegensatz dazu für kurze Einstückgußbrücken eine direkte Einbettung zu. NACHIMSON (34) gibt den Modellguß nur für lange oder gar totale Brücken an. In der Praxis kann man oft davon absehen, das Arbeitsmodell zu dublieren. Es ist bei den neuen Abformmassen möglich, den Abdruck zweimal auszugießen. Der großen Wichtigkeit wegen, die dem Einbettmassemodell zukommt, sollte der Abdruck zuerst mit Einbettmasse, dann mit Hartgips ausgegossen werden. Auf dem Zweitmodell kann die Arbeit nach dem Gießen fertiggestellt werden.

C. Klinische Paßgenauigkeit

Für die klinische Paßgenauigkeit einer Einstückgußbrücke ist außer der Anzahl und der Präparation der Pfeilerzähne,

die eine Konvergenz der Flächen von 20° erreichen sollte, vor allem die physiologische Beweglichkeit der Zähne von Bedeutung. Ein zu kleines oder zu großes Gußstück kann nur dann eingesetzt werden, wenn die Nachgiebigkeit der Pfeilerzähne den Längenunterschied auszugleichen vermag. Diese Möglichkeit soll rein rechnerisch nachgeprüft werden an einer kurzen und einer langen unter Verwendung von Deguvest HFG hergestellten Modellgußbrücke:

Das Zentrum der Kontraktions- und Expansionsvorgänge liegt nach KNISCHEWSKI (28) in der Mitte der Muffel, also auch im Mittelpunkt der Gußstücke. Für das Teilstück der Brücke zwischen dem zweiten Meßpunkt und der Mitte des Zwischengliedes wird der Anteil der Längenänderung ausgerechnet:

	Kurze Brücke	Lange Brücke
Gesamtlänge	28,353 mm	38,534 mm
Längenänderung	+ 0,25%lin	+ 0,25%lin
Teilstücke	4,1 mm	10,7 mm
Längenänderung	+ 0,25% = + 0,010 mm	+ 0,25% = + 0,027 mm

Bei der dreigliedrigen Brücke ergibt sich also am inneren Kronenrand (Meßpunkt 2) ein Längenunterschied gegenüber der Ausgangsform von 0,010 mm, bei der fünfgliedrigen Brücke von 0,027 mm.

Nach MÜHLEMANN (32) befindet sich die oberste Grenze der physiologischen horizontalen Zahnbeweglichkeit der Schneidezähne bei 10 bis 30 mm/100, also bei 0,1 bis 0,3 mm. Die am häufigsten ermittelten Werte liegen bei 0,17 bis 0,26 mm. Diese Zahlen gelten für den Totalausschlag der Incisivi bei Belastung mit Maximalkraft. "Die Verschiebung der Krone erfolgte dabei durch ein mit der Hand geführtes Instrument, indem die Kraft immer weiter gesteigert wurde, bis der Zahn sich nicht mehr weiter bewegte, ohne daß ein gefährliches Abgleiten befürchtet werden mußte." Die horizontale Zahnbeweglichkeit setzt sich zusammen aus einer

Labial- und einer Palatinalbewegung. Wenn die Messung ohne Berücksichtigung der Kunelage des Zahnes erfolgt, indem einfach die äußerste labiale und palatinale Position registriert wird, so spricht MÜHLEMANN vom Totalausschlag. Die mittleren Schneidezähne unterscheiden sich kaum von den seitlichen Incisivi. Die Zahnbeweglichkeit der Eckzähne ist im Mittel um 0,05 mm kleiner, was für deren Verwendung als Brückenpfeiler spricht. An Prämolaren konnten nur wenige Messungen durchgeführt werden. Sie ergaben für den Labialweg 0,08 - 0,12 mm und für den Totalausschlag 0,13 - 0,25 mm. Sie weichen also nicht grundsätzlich von denen der Frontzähne ab. Für die Beweglichkeit von Molaren liegen noch keine Werte vor. Aus der geringeren Breite des Periodontalraumes und der Zahl der Wurzeln läßt sich aber auf eine weit geringere Zahnbeweglichkeit schließen, als die für die Schneidezähne von MÜHLEMANN ermittelten Werte angeben.

Folgende Überlegungen müssen noch angestellt werden, bevor man die Zahlen für die Zahnbeweglichkeit zur Beurteilung der Paßgenauigkeit von Einstückgußbrücken heranzieht: Die beim Einsetzen einer Brücke wirkenden Kräfte entsprechen keinesfalls der Maximalkraft, sondern eher den dosierten Kräften, mit denen MÜHLEMANN natürlich geringere Werte für die Zahnbeweglichkeit erhielt. Beim gesunden Erwachsenengebiß (20-jähriger Patient) erzielten z.B. 60 g Belastung einen Labialweg von 0,045 mm. Im Kraftbereich von 80 - 120 g nimmt die Verschiebung der Zahnkrone viel langsamer zu. Die Werte für den Palatinalweg sind immer kleiner als die für den Labialweg. Beim Einsetzen einer Brücke wird der Pfeilerzahn immer nur in einer Richtung belastet, so daß man nicht den Totalausschlag, sondern höchstens einen der beiden Teilwege zur Beurteilung heranziehen kann. Zudem wird im konkreten Falle der Pfeilerzahn weder nach palatinal noch nach labial bewegt, sondern nach mesial oder nach distal. Die geringere Zahnbeweglichkeit in diesen Richtungen erscheint wegen der Nachbarzähne bzw.

bei deren Fehlen wegen des kompakteren Knochens höchst wahrscheinlich. Es läßt sich also sagen, daß die für den Ausgleich der Längenänderung einer Brücke zur Verfügung stehende physiologische horizontale Zahnbeweglichkeit vermutlich im Bereich von hundertstel Millimetern liegt, die Werte für Molaren werden nur ein Bruchteil davon betragen. Es ergibt sich das folgende hypothetische Resultat:

Kurze (unter Verwendung von Deguvest hergestellte)Einstückgußbrücken werden ohne Schwierigkeiten einzugliedern sein. Bei langen Einstückgußbrücken wird wegen der geringen Beweglichkeit der distalen Pfeilerzähne mit Schwierigkeiten zu rechnen sein.

Die Indikation für die Einstückgußbrücke ist also durch das Ausmaß des anzufertigenden Ersatzes beschränkt. Wenn auch NACHIMSON (34) die Herstellung von totalen Brücken in einem Guß durchgeführt hat,so ist das Eingliedern einer solchen Arbeit ohne Korrekturmaßnahmen wie Nachpräparieren oder Ausschleifen der Kronen nicht denkbar. Er sagt, daß die Methode des Einstückgusses indiziert sei für fast alle Brückenarbeiten. Demgegenüber ergibt sich die Bestätigung der Forderung, daß längere Brücken in einzelnen Abschnitten gegossen und dann verlötet werden sollten (5).

Ferner muß auf die Bedeutung der geringen axialen Zahnbeweglichkeit hingewiesen werden. MÜHLEMANN hat bei einer Belastung von etwa 2 kg bei Erwachsenen mit normalem Parodont Werte zwischen 0,01 mm und 0,04 mm erhalten. Die axiale, apicalwärts gerichtete Zahnbeweglichkeit ist demnach wesentlich kleiner als die horizontale. Mit bloßem Auge ist sie überhaupt nicht sichtbar. Es ist dies eine Bestätigung der Forderung, besonders partiellem festsitzendem Zahnersatz ganz exakt die richtige Höhe zu geben. Ein "Einkauen" dieses Zahnersatzes ist durch die geringe Nachgiebigkeit der Zähne nicht möglich. Nur durch genaues Einschleifen der Brückenarbeit können Überlastungserscheinungen vermieden werden, die sich als parodontale Verände-

rungen der Pfeilerzähne auswirken.

D. Durchführung klinischer Arbeiten

Als Bestätigung des in dieser Arbeit für brauchbar erkannten Verfahrens wurden zwei Brücken hergestellt und den Patienten eingegliedert. Es handelte sich um eine kurze Einstückgußbrücke von $\overline{7-5}$ und eine längere von $\overline{7\,6-4}$. Im ersten Fall waren zwei Pfeiler vorhanden, deren Gußkronen mit einem Schwebeglied verbunden wurden. Die zweite Brücke besteht aus zwei Vollgußkronen für $\underline{7\,6}$, einer Facettenkrone auf $\underline{4}$ und einem mit einer Langstiftfacette verkleideten Zwischenglied für $\underline{5}$. Nach dem Präparieren der Pfeilerzähne wurde durch Einlegen von Retraktionsfäden der Sulcus gingivalis geöffnet. Danach wurde mit einer Spritze die weichere Masse der Rubberjel-Abdruckpaste an die cervicalen Gebiete gebracht und sogleich der mit der festeren Masse beschickte individuelle Löffel aus selbsthärtendem Kunststoff aufgesetzt. Abdrucknahme vom Gegenkiefer und Wachsbiß vervollständigten die in dieser Sitzung vorgenommenen Maßnahmen. Im Laboratorium wurde der Abdruck zunächst mit der Einbettmasse Deguvest HFG ausgegossen, dann zweizeitig mit dem Hartgips Kerr Vel-Mix Stone (Abb.17, 19, 20 u. 21). Auf diesem sogenannten Meistermodell, das durch exakt im Sockel sitzende herausnehmbare Stümpfe ausgezeichnet ist, wurden die für die Brücke benötigten Einzelteile modelliert. Nach dem Übertragen auf das Einbettmassemodell wurden sie zusammengewachst und die Kronenränder mit einem heißen Messer festgeschmolzen. Das Einbetten und das Gießen wurden wie in der Versuchsanordnung beschrieben durchgeführt. Anschließend sind die Brückenarbeiten auf dem Meistermodell fertiggestellt worden (Abb.22). In der zweiten Sitzung konnten diese Einstückgußbrücken eingegliedert werden (Abb.18, 23).

Abb. 17: Rubberjel-Abdruck, Einbettmasse-Modell (Deguvest) und Meistermodell

Abb. 18: Fertige Einstückgußbrücke eingegliedert

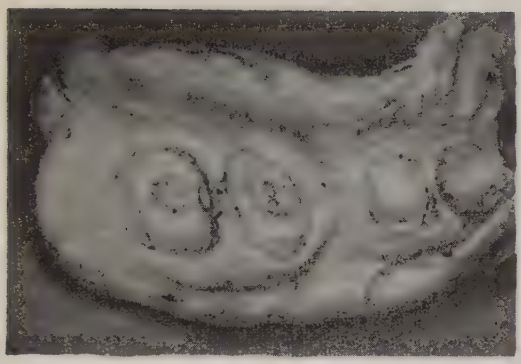


Abb. 19
Abdruck

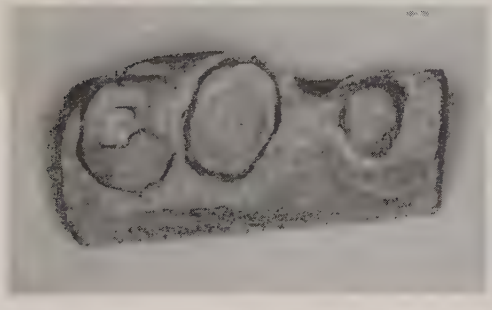


Abb. 20
Einbettmasse-
modell

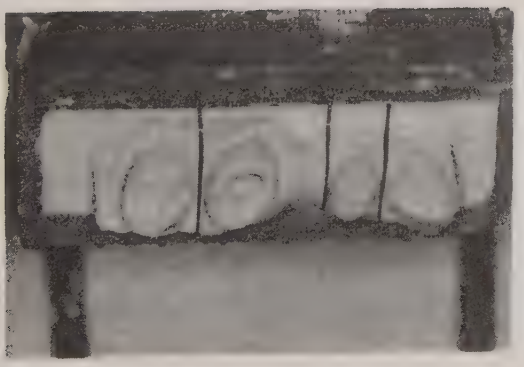


Abb. 21
Meistermodell

Abb. 22: Einstückgußbrücke auf dem Meistermodell fertiggestellt

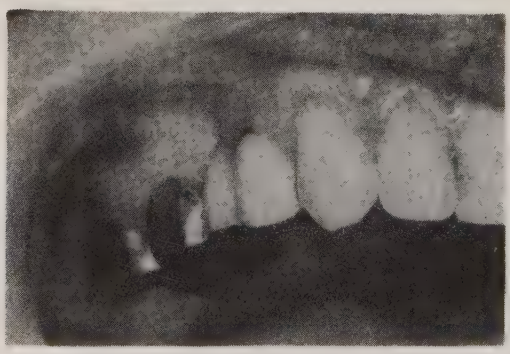


Abb. 23: Die Brücke nach der Eingliederung

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob es möglich ist, Brücken mit ausreichender klinischer Paßgenauigkeit nach dem Einstückguß-Verfahren anzufertigen. Es wurden insgesamt 120 Brücken modelliert, gegossen und anschließend unter dem Mikroskop vermessen. Als Maß für die Paßgenauigkeit wurde die prozentuale Längenänderung ermittelt, die im Vergleich zur Ausgangsform eintrat. Sie wird hervorgerufen durch die Formabweichungen, die sich durch die Änderungen der Materialien während des gesamten Gußverfahrens ergeben. Es sollte vor allen Dingen die Frage geklärt werden, ob die Kontraktion des Gußmetalles durch die Expansion der Einbettmasse zu kompensieren ist. Zu den Versuchen wurden drei verschiedene Einbettmassen herangezogen, die sowohl nach der Vakuumeinbettung als auch nach dem Modellgußverfahren verarbeitet wurden. Die zwei ausgewählten Brückenformen waren dreigliedrige und fünfgliedrige Schwebebrücken mit jeweils zwei Ankerkronen.

Im Folgenden sollen die Versuchsergebnisse zusammengefaßt werden:

1. Mit der Einbettmasse E 316 war es nur unvollkommen möglich, durch ihre Gesamtexpansion die thermische Kontraktion der verwendeten Legierung auszugleichen. Die Restkontraktion betrug im Mittel 0,53%lin. Größere in einem Stück zu gießende Objekte sollten nicht in E 316 eingebettet werden.

2. Die Einbettmasse Duroterm hart erreichte bessere Ergebnisse. Die Gußstücke waren im Durchschnitt um 0,23%lin zu klein. Aber auch dieser Kontraktionsausgleich reicht bei Berücksichtigung des Raumes nicht aus, der beim Eingliedern von der Zementschicht beansprucht wird.

3. Im Gegensatz dazu war mit der Einbettmasse Deguvest HFG eine Überkompensation zu erreichen: Die Längenänderung der Gußobjekte betrug durchschnittlich + 0,28%lin. Für

den Einstückguß von Brücken ist Deguvest HFG unbedingt der Vorzug zu geben.

4. Trotz genauer Einhaltung gleicher Versuchsbedingungen war eine gewisse Streuung der Einzelergebnisse nicht zu vermeiden: Sie betrug $\pm$ 0,2%lin. Diese Streuung oder Standardabweichung wurde mit Hilfe einer der Statistik entnommenen Formel errechnet. Es konnte so angegeben werden, um welchen Betrag die Einzelwerte um den Mittelwert in den Versuchsreihen schwanken. Bei weniger sorgfältigem Vorgehen wird mit größeren Abweichungen zu rechnen sein.

5. In den Versuchsreihen, denen das Modellgußverfahren zu Grunde lag, war die Streuung generell kleiner als bei denen der direkten Vakuumeinbettung. Für die Herstellung von Brücken nach dem Einstückguß-Verfahren muß daher das Modellgußverfahren empfohlen werden. Die Metallkontraktion wird hierbei nicht etwa besser kompensiert, sondern die Einzelergebnisse sind stetiger.

6. Im Zusammenhang mit der physiologischen horizontalen Zahnbeweglichkeit wurde erörtert, ob sich in der Länge veränderte Brücken überhaupt eingliedern lassen. Es wird empfohlen, längere Brücken in einzelnen Teilen zu gießen und diese zu verlöten. Kurze Brücken können in einem Stück gegossen und eingegliedert werden.

Abschließend wurde das Vorgehen beschrieben, nach dem für Patienten zwei Einstückgußbrücken hergestellt und ohne Schwierigkeiten eingegliedert werden konnten.

Literaturverzeichnis

1. Appel, E. — Über Expansion und Kontraktion von Goldlegierungen und ihren Ausgleich beim Guß durch entsprechende Maßnahmen. Med. Diss. München 1938

2. Beeck, K. H. — Wissenswertes über die Metallverarbeitung unter besonderer Berücksichtigung des Gußproblems Zahnärztl. Welt, Konstanz 9, 686, 1954

3. Beeck, K. H. — Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren und ihre praktische Auswertung Dtsch. zahnärztl. Zschr. 13, 1470 1958

4. Bonsack, Chr. — Der heutige Stand des Gußproblems Dtsch. zahnärztl. Zschr. 8, 67, 1953

5. Bruce, R. W. — Vergleich verschiedener Gußverfahren für festsitzende Brücken J. prosth. Dent. 5, 1964 zit. Zahnärztl. Rdsch., Berlin 74, 276, 1965

6. Buck, W. — Über die Kompensation der Kontraktion bei Metallgüssen durch verschiedene Einbettungsmethoden Med. Diss. München 1951

7. Cosman, M. — Zum Verständnis der thermischen Expansion von Guß-Einbettungsmassen Vjschr. Zahnhk., Berlin 50, 48, 1934

8. Coy, H. D. Gußmethoden in der Zahnheilkunde
Internat. Dent. J. 1955 Nr.5
zit. Quintessenz zahnärztl. Lit.,
Berlin 6 Ref. 678, 1955

9. Dreyer, K. Über ein neues gas- und flammenloses Gußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Zschr.9,160,1954

10. Dreyer-Jörgensen, K. Untersuchungen über die zahnärztliche Präzisionsgußtechnik
Tandlaegebl. 17, 1, 1953

11. Dreyer-Jörgensen, K. Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren
Dtsch. zahnärztl. Zschr.13,462, 1958

12. Drum, W. Goldkronen und Angußverfahren
Quintessenz zahnärztl. Lit.,
Berlin 10, Ref. 1295, 1959

13. Eichner, K. Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung
1960, Hehring, H.: Einbettmassen

14. Feinmann, P. B. Zahnärztliche Einbettungsmethoden und Gußprobleme (50 Jahre seit W. H. Taggart)
Med. Diss. Düsseldorf 1958

15. Finkbeiner, K. Der Einfluß unterschiedlicher Behandlung der Einbettmasse auf das Endmaß des Gußstückes
Med. Diss. Heidelberg 1964

16. Flaumenhaft, E. Kritische Betrachtungen über das Gußproblem in der Zahnheilkunde
Med. Diss. Köln 1959

17. Fusajama, T. Faktoren und Technik beim Präzisionsguß
J. prosth. dent. 1959
zit. Quintessenz zahnärztl. Lit.,
Berlin 10, Ref. 1328, 1959

18. Gerlach, H. P. Über die Kompensation von Kontraktionserscheinungen im Metallguß-Verfahren
Zahnärztl. Rdsch., Berlin 41, 2130, 1932

19. Gerlach, H. P. Beiträge zur Materialienkunde II.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 36, 467, 1933

20. Graßl, J.-F. Verbesserung der Oberfläche von Güssen durch Netzmittel und Vakuumeinbettung
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 9, 1057, 1954

21. Harndt, E. Der Goldguß in der zahnärztlichen Praxis
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 36, 710, 1933

22. Harndt, E. Die Gußfüllung
Sammlung Meusser H. 37, 1953
(J. A. Barth, Leipzig)

23. Harndt, E. Einlagefüllungen (Caries, Klinik und Therapie)
in Zahn-, Mund-, Kieferhk. Bd. II S. 422, München 1955

24. Hehring, H. Die prozentualen linearen Veränderungen eines Palliaggusses in Abhängigkeit von verschiedenen Einbettungsmethoden
Med. Diss. Berlin 1955

25. Hehring, H. Die Oberflächenrauhigkeit eines Pallaiggusses
Dtsch. Zahn-, Mund- Kieferhk. 26, 117, 1957

26. Ilg, V. K. %lin und Vol%
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 9, 802, 1954

27. Jakob, P. Meßmikroskopische Untersuchungen über die Beeinflussung der linearen Dimension von Brücken durch den Lötprozeß
Med. Diss. Berlin FU 1962

28. Knischewski, F. Materialienkunde der Zahntechnik
München 1951

29. Kräutle, L. Die Auswirkung der Abbindeexpansion von Einbettmassen auf das Wachsmodell
Med. Diss. Berlin FU 1960

30. Leber, H. Die Einstückgußbrücke
Zahntechnik, Bad Wörishofen 3, 43, 1950

31. Maves, T. V. Recent Experiments Demonstrating Wax Distortion On All Wax Patterns When Heat is Applied
J. Amer. Dent. Laborat. Ass. 19, 606, 1932

32. Mühlemann, H. R. Die physiologische und pathologische Zahnbeweglichkeit
Schweiz. Msch. Zahnhk. 61, 1, 1951

33. Münch, F. C. Werdegang und Vervollkommnung der dentalen Edelmetallgußtechnik
Dtsch. Zahnbl. 13, 611, 1959

34. Nachimson, D. Eine Methode der Einstückgußbrücke
Med. Diss. München 1961

35. Nelke, J. Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften von Gußwachsen und ihre Nutzanwendung für die zahnärztliche Gußtechnik
Med. Diss. Freiburg 1938

36. Ney, J. M.-Company — Die gegossene partielle Prothese
Degussa Frankfurt 1956

37. Oettinger, R. — Über das Goldgußproblem
Zahnärztl. Rdsch., Berlin 37, 229, 1928

38. Oettinger, R. — Expansionstechnik zum Ausgleich der Restkontraktion der Goldlegierungen beim Guß
Zahnärztl. Rdsch., Berlin 43, 99, 1934

39. Owassapian, Sch. — Der Einfluß verschiedener Abdruckmaterialien und Modellwerkstoffe auf die Paßgenauigkeit von MOD-Gußfüllungen
Med. Diss. Mainz 1964

40. Rohrbach, H. — Über den Einfluß von Gußspannungen auf die Formabweichungen zahnärztlicher Gußstücke
Med. Diss. Tübingen 1961

41. Rubin, J. und Sabella, A. — Einstückgußbrückenarbeiten
J. prosth. dent. 11, 1955
zit. Quintessenz zahnärztl. Lit., Berlin 7, Ref. 743, 1956

42. Scheu, C. H. — A New Precision Casting Technic
J. Amer. Dent. Laborat. Ass. 19, 630, 1932

43. Singer, F. und Peukert, R. — Der heutige Stand der Gußtechnik
Zahnärztl. Reform, Berlin 55, 323, 1954

44. Solbrig, O. — Welche Faktoren bedingen die Formveränderungen in dem zahnärztlichen Gußverfahren?
Vjschr. Zahnhk., Berlin 38, 81 1922

45. Spengler, H. J. Herstellung von Inlay-Brücken im Einphasen-Gußsystem
Zahnärztl. Welt, Konstanz 5, 607, 1950

46. Vita Vita-VMK-Degudent-Technik
Ausgabe Juni 1965

47. Wagner, E. Die theoretischen Grundlagen der Vita-VMK-Degudent-Technik
Zahnärztl. Welt Reform 66, 343, 1965

48. Weber, E. Grundriß der biologischen Statistik
Jena 1961

49. Weikart, P. Zum Thema des Präzisionsgusses
Zahnärztl. Welt, Konstanz 10, 90, 1955

50. Weikart, P. Grenzen und Prüfung der Gußgenauigkeit
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 12, 897, 1957

51. Zähringer, W. Guß- und Angußkronen
(Untersuchungen über die Paßgenauigkeit in Abhängigkeit vom Präparationswinkel)
Med. Diss. München 1963

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. K i r s t e n, für die freundliche Überlassung des Themas und seine wohlwollende Unterstützung.

Für die wertvollen Anregungen und Hinweise, die mir zu jeder Zeit zuteil wurden, danke ich herzlichst Herrn Lektor Dr. K. H. B e e c k und besonders Herrn Lektor Dr. H. H e h r i n g.

Der Firma D e g u s s a, die mir die für die Versuche benötigte Gold-Legierung zur Verfügung gestellt hat, möchte ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf

Am 4. Januar 1940 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Wilhelm Klose und seiner Ehefrau Elfriede in Berlin-Schöneberg geboren. Hier wurde ich im Oktober 1945 eingeschult. An der Robert-Blum-Schule, der Zweiten Oberschule Wissenschaftlichen Zweiges, bestand ich im März 1958 das Abitur.

Am 23. April 1958 wurde ich an der Medizinischen Fakultät, Fachrichtung Zahnmedizin, der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Nach 5 vorklinischen Semestern legte ich am 29. Oktober 1960 die zahnärztliche Vorprüfung ab und nach 5 klinischen Semestern am 31. Juli 1963 das zahnärztliche Staatsexamen.

Seit zwei Jahren bin ich als Assistent in einer Praxis tätig.